



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIRÍA.**  
**FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACIÓN.**

**Trabajo monográfico para optar al título de**  
**Ingeniero Electrónico**

**Tema**

**Diseño de Radioenlace Multipunto para proporcionar  
internet a 5 escuelas del municipio Wiwilí- Nueva Segovia.**

✓ **AUTOR:**

**Br. Bayardo Josué Juárez Blandón.    Carnet: 2010-32826**

**Br. José Antonio Vivas Blandón.    Carnet: 2010-33033**

✓ **TUTOR.**

**Msc. Oscar Napoleón Martínez.**

**Managua, Nicaragua. Enero 2017**

## AGRADECIMIENTOS.

### Dedicatoria

A:

- *Dios, sobre todas las cosas en este universo, por guiarme en todo momento de mi existir.*
- *Mis padres por ser el eje de apoyo incondicional, estando presente cuando más los necesito.*
- *Docentes, factores fundamentales en mi formación académica.*

Br. Bayardo Josué Juárez Blandón

*Dedico y doy gracias de este trabajo primero a Dios por darme la vida y permitirme llegar a esta etapa en la vida, a mis padres por ser los que han dado el apoyo incondicional en todo momento y a mis profesores que fueron los encargados de guiarme en el camino al conocimiento.*

Br. José Antonio Vivas Blandón

## RESUMEN.

El acceso a las tecnologías es cada vez más urgente en nuestro mundo, es por eso que se está trabajando para reducir la brecha digital en zonas rurales con la implementación de proyectos TIC para el desarrollo socioeconómico los cuales están trayendo excelentes resultados.

“Wiwilí- Nueva Segovia” es un municipio ubicado a 270 Km del casco urbano de la ciudad de Managua se encuentra a una altitud de 304 metros sobre el nivel del mar, cuenta según el último censo con una población 16,344 habitantes

Es un municipio de bajos recursos el cual su economía es a base de la agricultura y la ganadería, además que en ciertos lugares de este municipio aun no cuentan con el servicio de energía eléctrica ni cobertura celular.

Debido a la problemática existente en el municipio, en la presente investigación se ha desarrollado un diseño de radioenlace multipunto para proporcionar internet a 5 escuelas con el propósito de llevar esta red de datos a los estudiantes y proporcionar una mejor educación.

El Proyecto consiste en crear un radioenlace fiable y de calidad para 5 escuelas en el municipio de Wiwilí, todo el Proyecto iniciara en la alcaldía como punto proveedor de internet hacia las otras escuelas, con un solo repetidor para las escuelas de San Jacinto y Zacateras, las otras 3 poseen línea de vista con la alcaldía que son la Nicarao, Instituto y Cruz Laguna.

Todo esto con el fin de ser aplicado como una herramienta para el desarrollo económico y social, de esta manera ayudándoles a capacitarse, crear nuevas alternativas y a la vez fortaleciendo el área de la educación además se pretende llevar esta infraestructura del radioenlace a una posible ampliación de servicios como Voip.

## Tabla de contenido

CAPÍTULO I.....	1
1.1 Introducción.....	2
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 Objetivo General: .....	3
1.2.2 Objetivos Específicos: .....	3
1.3 Justificación.....	4
1.4 Antecedentes.....	5
1.4.1 Antecedente 1: .....	5
1.4.2 Antecedente 2: .....	5
CAPÍTULO II .....	6
Fundamentos teóricos.....	6
2.1 Radioenlace.....	7
2.1.1 Definición de radioenlace: .....	7
2.1.2 Vano:.....	7
2.1.3 Antenas utilizadas: .....	7
2.1.4 Parámetros básicos de un radioenlace: .....	8
2.1.5 Evaluación de la indisponibilidad: .....	8
2.1.6 Evaluación de la fidelidad o calidad .....	9
2.3 Radio Mobile.....	11
2.4 Tecnologías utilizadas para brindar internet en zonas rurales.....	12
CAPÍTULO III. ....	13
3.1 Escuelas Seleccionadas.....	14
3.1.1 Matricula:.....	14
3.1.2 Coordenadas de cada escuela:.....	14
3.2 Aspectos legales a tomar en cuenta para la ejecución del radioenlace.....	16
3.3 Equipos técnicos.....	17
3.3.1 Equipos de radio: .....	17
3.3.2 Equipos de la red LAN: .....	25
3.3.3 Energía solar necesaria. ....	26
3.4 Ancho de banda requerido.....	29
CAPÍTULO IV .....	32
4.1 Simulación .....	33
4.1.1 Ubicación de cada estación. ....	33



4.1.2 Determinación de los vanos.....	36
4.1.3 Frecuencia de operación.....	37
4.1.4 Propiedades de la red.....	38
4.2.1 Cálculos del vano 6 correspondiente al Repetidor y Zacateras .....	46
4.2.2 Parámetros de calidad de cada vano del radioenlace.....	56
CAPÍTULO V .....	58
5.1 Presupuesto por escuela para la implementación de los laboratorios .....	59
5.1.1 Escuela Nicarao .....	59
5.1.2 Escuela del Instituto .....	60
5.1.3 Escuela de San Jacinto.....	61
5.1.4 Escuela de Cruz Laguna .....	62
5.1.5 Repetidor.....	63
5.1.6 Zacateras .....	64
5.1.7 Alcaldía .....	65
5.2 Presupuesto total haciendo la suma de todos los vanos: .....	65
5.3 Análisis de la viabilidad y beneficios.....	66
5.3.1 Emergencia: .....	66
5.3.2 Beneficiarios:.....	66
5.3.3 Solución: .....	67
5.3.4 Sostenibilidad: .....	67
Conclusiones.....	68
Recomendaciones.....	69
Referencias y Bibliografía. ....	70
ANEXOS .....	73
A) Equipos Extras. ....	74
A.1) Temporizador Electrónico LCD Digital Programable Interruptor de Relé de tiempo .....	74
A.2) Sistema de protección. ....	75
B) Datasheet de los equipos de radio.....	76
C) Cotizaciones Realizadas. ....	78
C.1) Equipos de radio y de la red LAN.....	78
C.2) Energía Solar. ....	83
D) Constancia de la alcaldía de Wiwilí. ....	85
E) Contrato actual de internet en la alcaldía. ....	86
F) Imágenes de los cinco centros estudios y la Alcaldía. ....	87

## LISTA DE FIGURAS.

Figura 3.1	Muestra de la toma de coordenadas mediante la aplicación MY GPS15	
Figura 3.2	Muestra de equipos de radio.....	17
Figura 3.3	Patrón de radiación de las antenas.....	20
Figura 3.4	Configuración como punto de acceso.....	21
Figura 3.5	Configuración como enlace punto a punto.....	21
Figura 3.6	Configuración como antena Wifi.....	22
Figura 3.7	Interfaz de configuración.....	23
Figura 3.8	Conexión y función del POE.....	24
Figura 3.9	muestra de switch a trabajar.....	25
Figura 3.10	Cable utp.....	26
Figura 3.11	Conexión del panel solar.....	27
Figura 3.12	Ingreso de coordenadas en el sitio web de la NASA.....	28
Figura 3.13	Datos climáticos.....	28
Figura 4.1	Propiedades del mapa.....	33
Figura4.2	Ingreso de las coordenadas de la alcaldía en radio mobile.....	34
Figura 4.3	Ubicación en radio mobile de los 5 centros de estudios.....	34
Figura 4.4	Ubicación del repetidor.....	35
Figura 4.5	Estructura del Radioenlace vano a vano.....	36
Figura 4.6	Canales de frecuencia.....	37
Figura 4.7	Parámetros del vano 1.....	38
Figura 4.8	Topología de la red.....	39
Figura 4.9	Miembros pertenecientes al vano 3 del radioenlace.....	39
Figura 4.10	Ingreso de las características del Loco M2 en radio mobile.....	41
Figura 4.11	Ingreso de las características del Nanostation M2 en radio mobile..	41
Figura 4.12	Todos los puntos del radioenlace conectados.....	42
Figura 4.13	Vista del radioenlace en Google Earth.....	42
Figura 4.14	Conexión entre la alcaldía y el instituto.	
Figura 4.15	Conexión entre instituto y el repetidor.....	43
Figura 4.16	Conexión entre el Repetidor y Zacatera	
Figura 4.17	Conexión entre la alcaldía y Nicarao.....	44
Figura 4.18	Conexión entre Instituto y Cruz Laguna.	
Figura 4.19	Conexión entre Repetidor y San Jacinto.....	45
Figura 4.20	Análisis del peor obstáculo en el vano 6.....	46

## LISTA DE TABLAS.

Tabla 2.1	Objetivos de disponibilidad y fidelidad que los radioenlaces deben cumplir según la ITU.....	10
Tabla 2.2	Calidad de error en radioenlaces digitales. ....	11
Tabla 3.1	Cantidad de matrículas por escuelas .....	14
Tabla 3.2	Coordenadas de cada escuela.....	15
Tabla 3.3	Información del sistema de los equipos de radio.....	18
Tabla 4.1	Determinación de los equipos de radio a utilizar. ....	40
Tabla 4.2	MTTR y MTBF recuperación de los equipos Ubiquiti .....	51
Tabla 4.3	Signatura de algunos esquemas de modulación.....	54
Tabla 4.4	Parámetros de calidad de cada vano del radioenlace.....	56
Tabla 5.1	Presupuesto para la Nicarao .....	59
Tabla 5.2	Presupuesto para el Instituto.....	60
Tabla 5.3	Presupuesto para San Jacinto. ....	61
Tabla 5.4	Presupuesto para Cruz Laguna.....	62
Tabla 5.5	Presupuesto para el Repetidor.....	63
Tabla 5.6	Presupuesto para Zacateras. ....	64
Tabla 5.7	Presupuesto para la Alcaldía.....	65
Tabla 5.8	Presupuesto General. ....	65

## CAPÍTULO I.

En este capítulo abordaremos la parte inicial de nuestro trabajo monográfico mostrando la introducción, planteamiento del problema, nuestros objetivos justificación, antecedentes y nuestro aporte monográfico.

## 1.1 Introducción.

El desarrollo tecnológico, principalmente las TIC, han impactado de gran medida la educación, siendo el internet un factor de vital importancia dentro de este ámbito ya que permite el acceso a gran cantidad de información la cual es muy útil para el aprendizaje y desarrollo del estudiante. Incluso actualmente se hace uso del internet para implementar el e-learning (aprendizaje electrónico) es una revolucionaria modalidad de enseñanza en línea, y que hoy se posiciona como la forma de capacitación predominante en el futuro. Este sistema ha transformado la educación, abriendo puertas al aprendizaje individual y organizacional. Es por ello que hoy en día está ocupando un lugar cada vez más destacado y reconocido dentro de las organizaciones empresariales y educativas

En Wiwilí municipio del departamento de Nueva Segovia se consta con una matrícula general de 4205 estudiantes de la educación primaria y secundaria, lo cual es una amplia cantidad de alumnos, sin embargo en ese sector educativo es evidente la necesidad de laboratorios de cómputo con conexión a la red de internet para que los alumnos puedan realizar sus investigaciones y cursos logrando de esa manera una mayor formación académica.

Por ello Con el objetivo de mejorar la calidad en la educación y ayudar al progreso del municipio, La alcaldía de Wiwilí Nueva Segovia en conjunto con el Ministerio de educación de la localidad considerando que ellos si poseen internet en sus oficinas, han incluido en su plan de desarrollo municipal, una propuesta de un proyecto que consiste en la construcción de laboratorios de cómputo con conexión a internet en 5 de las escuelas del municipio las cuales tengan mayor número de estudiantes.

Teniendo en cuenta lo propuesto por la alcaldía, en la presente investigación se ha desarrollado un estudio para realizar el diseño de una red que proporcione internet a cada uno de los 5 laboratorios que se pretenden construir.

El proyecto consiste en el diseño, simulación y análisis de costo de una red conectada de forma inalámbrica utilizando el protocolo 802.11g (Wi-Fi) que trabaja a una frecuencia de 2.4GHz, la conexión se hará a través de un radioenlace multipunto partiendo de las instalaciones de la alcaldía hacia los cinco centros de estudios del municipio Wiwilí, quienes serán los puntos de acceso que permitirán conexión a Internet para una futura red LAN de 10 o 15 usuarios respectivamente. Este trabajo monográfico se desarrolló con fines académicos y con el propósito de brindar todos los resultados a la alcaldía de Wiwilí para que sean considerados en la posible ejecución del proyecto.

## 1.2 Objetivos.

### 1.2.1 Objetivo General:

Diseñar una red de radioenlaces entre cinco escuelas que pertenecen al municipio de Wiwilí departamento de Nueva Segovia, para garantizar una mejor comunicación entre los centros de estudios y brindar conexión a internet a los propuestos laboratorios de cómputo.

### 1.2.2 Objetivos Específicos:

- Determinar los parámetros legales y equipos técnicos involucrados en la elaboración del diseño del radioenlace multipunto.
- Establecer un ancho de banda mínimo para la conexión a internet de los estudiantes.
- Evaluar la calidad del radioenlace en cuanto a disponibilidad y fidelidad.
- Simular la red de radioenlaces usando el software Radio Mobile y google earth. Comprobando de esta manera, el correcto funcionamiento del diseño elaborado.
- Realizar un presupuesto detallado para la previsión o estimación de gastos en la posible implementación del proyecto.
- Hacer un análisis de la viabilidad y los beneficios que se obtendrán al llevarse a cabo la implementación del proyecto.

## 1.3 Justificación.

En Nicaragua las empresas privadas de telecomunicación han invertido muy poco para llevar sus servicios a las zonas rurales debido a que consideran que la baja cantidad de usuarios de esos sectores no les genera muchos ingresos económicos. Por esa razón existe el interés de implementar tecnologías que contribuyan a mejorar la calidad académica de los estudiantes de los lugares alejados del casco urbano o bien donde no allá un lugar de cobertura para conectarse a internet, la cual sería una herramienta muy útil para los alumnos de esos sectores porque a través de ella podrían realizar sus investigaciones ya que en esas zonas rurales las escuelas no cuentan con bibliotecas y eso dificulta el proceso de adquisición a la información.

Se ha considerado realizar esta investigación ya que Siendo originario del municipio Wiwilí departamento de Nueva Segovia y habiendo vivido y cursado la educación primaria en una de las escuelas de esa localidad, nos hemos dado cuenta de la falta de uso de la tecnología en el sector educativo de ese municipio.

Con el desarrollo de esta investigación se adquirirán conocimientos tales como: las normativas legales involucradas en la elaboración de un radioenlace, así como diseñar un radioenlace multipunto que cumpla los requerimientos necesarios para soportar la demanda de los estudiantes, a la vez hacer un análisis económico detallado de lo que se necesitara para llevar a la implementación del proyecto, con la idea de que la alcaldía de esa municipalidad lo apruebe y lleve a cabo la ejecución del proyecto con la asesoría de los elaboradores de este trabajo monográfico.

La importancia del presente trabajo monográfico es a nivel social y académico, con el fin de mejorar la calidad académica y que los niños y adolescentes de esa localidad conozcan y sean capaces de manipular un computador y poder navegar en internet para hacer sus trabajos e investigaciones.

## 1.4 Antecedentes.

### 1.4.1 Antecedente 1:

El primero de junio del 2006 el Gobierno de la República de Nicaragua y la AIF (Asociación Internacional de Fomento) suscribieron un convenio de financiamiento identificado con el No. 3168 – NI, por un monto de siete millones de dólares americanos a fin de implementar un proyecto de Telecomunicaciones durante los siguientes cinco años para beneficiar a las comunidades rurales de Nicaragua.

La responsabilidad de la ejecución y coordinación del proyecto estuvo a cargo de TELCOR, función que desarrollo a través de la Unidad Coordinadora del Proyecto (UCP) mediante la cual se crearon TELECENTROS en 104 municipios y comunidades rurales de la zona Norte, Occidente, Centro y Regiones Autónomas del Atlántico y Río San Juan. Cada telecentro instalados consto con cinco o más computadoras, un punto de acceso a Internet, un enrutador, una impresora y su correspondiente mobiliario. [1]

### 1.4.2 Antecedente 2:

En julio de 2010 el gobierno de Nicaragua con el apoyo de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), ejecutó el proyecto piloto “Conectar una Escuela, Conectar una Comunidad”. Con el proyecto se logró elaborar una propuesta de Plan Nacional de Conectividad para las Escuelas de Nicaragua, así como la implementación de Conectividad a Internet para 5 escuelas rurales mediante tecnología vsat y 3G, beneficiando directamente a 98 docentes, 1,442 estudiantes y a 4,885 habitantes de las cinco comunidades.

Entre las cinco escuelas conectadas se encuentran: Andrés Castro, Pedro Joaquín Chamorro, Francisca Herrera, Francisco Morazán y Fidel González, ubicadas en zonas rurales de los Municipios de Altagracia, San Juan del Sur, Tola y Cárdenas en el Departamento de Rivas. [2]



## CAPÍTULO II

### Fundamentos teóricos.

Se describen las características y elementos de un radioenlace, así como se introduce lo que es el software radio mobile y se mencionan algunas tipos de tecnologías que se usan en las zonas rurales.

## 2.1 Radioenlace

### 2.1.1 Definición de radioenlace:

Se denomina, en general, radioenlace a cualquier interconexión entre terminales de telecomunicación efectuada por ondas radioeléctricas. Cuando los terminales son fijos, se habla de radioenlaces del Servicio Fijo. Podemos definir los radioenlaces terrenales del servicio fijo como sistemas de radiocomunicaciones entre puntos fijos situados sobre la superficie terrestre, que proporcionan una capacidad de transmisión de información con unas características de disponibilidad y calidad determinadas. Generalmente, los sistemas de radioenlaces se explotan entre unos 2 GHz y 50 GHz, dependiendo de su capacidad. Según el tipo de modulación, pueden clasificarse los radioenlaces en analógicos y digitales.

Los radioenlaces del servicio fijo hacen uso de la propagación troposférica en condiciones de visibilidad directa. En consecuencia, para salvar las limitaciones de alcance impuestas por la redondez de la Tierra y los obstáculos geográficos del terreno, se requiere la utilización de estaciones repetidoras, de manera que un radioenlace está constituido por dos estaciones terminales y un conjunto de estaciones repetidoras intermedias, o simplemente, repetidores.

### 2.1.2 Vano:

Se denomina vano a la sección de enlace radioeléctrico entre un terminal y un repetidor o entre dos repetidores. Como el trayecto del rayo debe estar despejado al menos en el 60% de la primera zona de Fresnel para el obstáculo peor y en condiciones normales de refractividad atmosférica, la longitud de los vanos tiene un límite superior, que es del orden de los 80 km para frecuencias inferiores a unos 10 GHz. Por encima de esta frecuencia, la atenuación por lluvia suele ser el factor que limita la longitud de los vanos.

### 2.1.3 Antenas utilizadas:

En general, en los radioenlaces se emplean antenas muy directivas, con buena relación delante-atrás, lo que permite establecer cada radiocanal empleando únicamente dos frecuencias, una para cada sentido de transmisión, las cuales se reutilizan en vanos sucesivos. Debido a esta fuerte reutilización de las frecuencias pueden producirse interferencia cocanal. Para reducir al mínimo los efectos de estas posibles interferencias, se cambia la polarización de la onda en cada vano.

### 2.1.4 Parámetros básicos de un radioenlace:

Son aquellos parámetros involucrados en la ecuación de Friis:

$$PR \text{ (dBm)} = PT \text{ (dBm)} - LTT \text{ (dB)} + GT \text{ (dB)} - Lb \text{ (dB)} + GR \text{ (dB)} - LTR \text{ (dB)}$$

Dónde:

- PT (dBm): Potencia de transmisión, entregada por el amplificador del transmisor a los circuitos de acoplamiento a la antena.
- LTT (dB), LTR (dB): Pérdidas en los circuitos de acoplamiento a la antena del transmisor y receptor, respectivamente.
- GT (dB), GR (dB): Ganancias de las antenas de transmisión y recepción, respectivamente.
- Lb (dB): Pérdida básica de propagación.
- PR (dBm): Potencia recibida, que se define a la entrada del amplificador de RF del receptor

### 2.1.5 Evaluación de la indisponibilidad:

Se entiende por disponibilidad de un equipo o sistema su aptitud para desempeñar la función para la que ha sido proyectado. Se cuantifica por la probabilidad de que el sistema se encuentre en condiciones de funcionamiento en un momento dado. Para que se considere una situación de indisponibilidad el sistema debe permanecer no operativo un tiempo mayor que un cierto valor de referencia T.

$$u = \frac{\sum T_{ind}}{T} * 100 \% \quad 2.1$$

En este caso se dice que el sistema está indisponible durante ese tiempo, que se computa como tiempo de indisponibilidad. La indisponibilidad total es la suma de los intervalos de tiempo de indisponibilidad, dividida por el tiempo de observación. El tiempo T ha de ser suficientemente largo para obtener resultados estadísticamente significativos.

Se considera indisponibilidad a una interrupción o un intervalo de tiempo en el que se produce:

- Un corte parcial o total de la señal
- Aparece un ruido o una BER excesiva.
- Surge una fuerte discontinuidad en la señal
- Aparece una intensa distorsión.

Las interrupciones largas ( $T_{ind} > T_o$ ) han de tenerse en cuenta para el cálculo de la calidad en torno a disponibilidad y las interrupciones breves (más frecuentes) influyen el cálculo de la calidad en cuanto a fidelidad. Las interrupciones pueden ser causadas por

- Fallos o averías en los equipos
- Condiciones anómalas de propagación (lluvia y desvanecimientos)
- Interferencias (internas o externas)

La indisponibilidad total de una ruta de radioenlace se desglosa en dos componentes, indisponibilidad del equipo e indisponibilidad de propagación:

$$U(L) = Ue(N) + Up(v) \quad 2.2$$

Dónde:

- $U(L)$ : Indisponibilidad de una ruta de longitud  $L$
- $UE(N)$ : Indisponibilidad del equipo, que se calcula por separado para cada una de las  $N$  secciones de conmutación, sumándose las indisponibilidades parciales.
- $U(V)$ : Indisponibilidad de propagación, que se calcula por separado para cada vano  $V$ , combinándose las indisponibilidades parciales generalmente también de  $UP$  forma aditiva.

## 2.1.6 Evaluación de la fidelidad o calidad

Los criterios de calidad en cuanto a fidelidad, especifican las degradaciones normales y máxima admisible que puede sufrir la información, junto con el tiempo máximo en que no debe rebasarse esa degradación. El parámetro básico de calidad de error de cualquier sistema de transmisión digital, es la Tasa de errores en los bits (BER). Debe resaltarse que la calidad de error de un sistema únicamente se define y evalúa cuando tal sistema se encuentra en estado disponible.

**Indisponibilidad:** pérdida de calidad (BER) durante un tiempo  $\geq T_0$

**Fidelidad:** pérdida de calidad (BER) durante un tiempo  $< T_0$

Distinguimos las siguientes situaciones de error:

- Segundo con errores (ES, Errored Second): Período de tiempo de 1 segundo en el que hay uno o más bits erróneos.
- Segundo con muchos errores (SES, Severely Errored Second): Período de 1 segundo en el que la tasa de errores BER es mayor que  $10^{-3}$ .
- Segundo sin errores (EFS, Error Free Second): Período de 1 segundo en que no hay errores de bit

Un periodo de tiempo de indisponibilidad comienza cuando la tasa de errores en los bits (BER, bit error ratio) en cada segundo es peor que  $1 \cdot 10^{-3}$  durante diez segundos consecutivos. Se considera que estos diez segundos son tiempo de indisponibilidad. Un nuevo periodo de tiempo de disponibilidad comienza con el primer segundo de un periodo de diez segundos consecutivos

cada uno de los cuales tiene una BER mejor que  $10^{-3}$ . Con la nueva definición SES, se produce una indefinición en los periodos de un segundo que exhiben una BER exactamente igual a  $10^{-3}$ . Para resolver el problema, se aplica la siguiente modificación a G.821. (Ver tabla 2.1)

**Tabla 2.1 Objetivos de disponibilidad y fidelidad que los radioenlaces deben cumplir según la ITU.**

parámetros de calidad	Fracción de tiempo cualquier mes			
	Clase 1 (280Km)	Clase 2 (280Km)	Clase 3 (50Km)	Clase 4 (50Km)
proporción de los segundos con muchos errores	0.0006	0.000075	0.00002	0.00005
proporción de segundos con errores	0.0036	0.0016	0.0016	0.004

La disponibilidad total debida a todas las causas para las SDFR de Clases 1 a 4 que utilizan sistemas de radioenlaces digitales y forman parte del tramo de grado medio de una conexión de la RDSI no exceda de los siguientes valores, considerando el porcentaje en un periodo de tiempo suficientemente largo para que sea válido estadísticamente

Se puede obtener un objetivo de indisponibilidad para SDFR de Clase 1 directamente de las Recomendaciones UIT-R F.556 y UIT-R F.557, dado que esta SDFR corresponde a la clasificación de grado alto. La subdivisión lineal del objetivo de la Recomendación UIT-R F.557 hasta una longitud de 280 km proporciona un objetivo de 0,033% para una SDFR de Clase 1 (280 km). De acuerdo con la Recomendación UIT-R F.557, estos objetivos se atribuirán a los dos sentidos de transmisión, y a un periodo de observación probablemente superior a un año. Para la parte de grado medio de la conexión ficticia de referencia, se propone un objetivo global de indisponibilidad bidireccional comprendido entre 0,2% y 0,5%, basándose en los cálculos teóricos y en las mediciones efectuadas por las administraciones.

Las Recomendaciones ITU-R F.594, F.634, F.696 y F.697 establecen los objetivos de calidad de error para los radioenlaces digitales, en condiciones de disponibilidad para una conexión internacional por la ISDN.(ver tabla 2.2)

**Tabla 2.2 Calidad de error en radioenlaces digitales.**

Clasificación		Clasificación de la calidad	
		ESR	SESR
<b>Grado Local</b>	<b>Rec. UIT- R F 697</b>	0.012	0.00015
<b>Grado Medio</b>	<b>Rec. UIT- R F 696</b>	0.012	0.0004
<b>Grado Alto</b>	<b>Rec. UIT- R F 594</b>	0.0032	0.00054

## 2.3 Radio Mobile.

Radio Mobile es un software de libre distribución para el cálculo de radio enlaces de larga distancia en terreno irregular. Para ello utiliza perfiles geográficos combinados con la información de los equipos (potencia, sensibilidad del receptor, características de las antenas, pérdidas, etc.) que quieren simularse.

Este software implementa con buenas prestaciones el modelo Longley-Rice, modelo de predicción troposférica para transmisión radio sobre terreno irregular en enlaces de largo-medio alcance. Además de tener múltiples utilidades de apoyo al diseño y simulación de los enlaces y las redes de telecomunicaciones. Los parámetros a introducir para realizar las simulaciones permiten reflejar de forma fiel los equipos reales que se piensa utilizar en la instalación para la que estarían destinados. [5]

Radio Mobile utiliza para la evaluación de los enlaces, el perfil geográfico de las zonas de trabajo. La obtención de estos mapas puede realizarse directamente desde una opción del software que permite descargarlos de Internet.

Los datos de elevación se pueden obtener de diversas fuentes, entre ellas del proyecto de la NASA Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Misión que provee datos de altitud con una precisión de 3 segundos de arco (90m). Hay tres tipos de mapas disponibles: los SRTM, los GTOPO30 y los DTED.

Al igual que el modelo de propagación en el que se basa, permite trabajar con frecuencias entre los 20MHz y 20GHz y longitudes de trayecto de entre 1 y 2000 Km.

## 2.4 Tecnologías utilizadas para brindar internet en zonas rurales.

### **VSAT:**

Las redes VSAT (Very Small Aperture Terminals) son redes privadas de comunicación de datos vía satélite para intercambio de información punto-punto o, punto-multipunto (broadcasting) o interactiva.[6]

#### **CARACTERÍSTICAS:**

- Redes privadas diseñadas a la medida de las necesidades de las compañías que las usan.
- El aprovechamiento de las ventajas del satélite por el usuario de servicios de telecomunicación a un bajo coste y fácil instalación.
- Las antenas montadas en los terminales necesarios son de pequeño tamaño (menores de 2.4 metros, típicamente 1.3m).
- Las velocidades disponibles suelen ser del orden de 56 a 64 kbps.
- Permite la transferencia de datos, voz y video.
- La red puede tener gran densidad (1000 estaciones VSAT ) y está controlada por una estación central llamada HUB que organiza el tráfico entre terminales, y optimiza el acceso a la capacidad del satélite.
- Enlaces asimétricos.
- Las bandas de funcionamiento suelen ser K o C, donde se da alta potencia en transmisión y buena sensibilidad en recepción.

### **Canopy:**

Canopy es una línea de producto inalámbrico de banda ancha orientado a proveer servicio de acceso de datos de alta velocidad en áreas de cobertura amplia o WMAN para lugares de difícil acceso.

Además de proveer servicio de banda ancha, el mismo posee un retardo bajo y controlado lo cual lo hace ideal como medio de acceso para servicios multimedia tales como VoIP y video.

Otra característica importante de Canopy es su bajo consumo de potencia, fácil instalación, alta inmunidad a interferencia y fácil configuración. Estas son algunas de las razones por las cuales Canopy se ha hecho extensamente popular como medio para proveer servicios de acceso de banda ancha.

La solución Canopy se puede adaptar para satisfacer las necesidades de una amplia gama de comunidades de usuarios. La aplicación de Punto a Multipunto sirve tanto para domicilios particulares como para pequeñas empresas. O se puede usar la aplicación Bakhaul como enlace de datos dedicado para pequeñas comunicaciones de las zonas rurales.

## CAPÍTULO III.

Descripción de las escuelas seleccionadas, aspectos legales, equipos técnicos requeridos en el radioenlace y ancho de banda necesario para cada laboratorio.



## 3.1 Escuelas Seleccionadas.

### 3.1.1 Matricula:

En el municipio de Wiwilí Nueva Segovia existen 46 centros de estudios en total. La educación primaria del municipio consta con una matrícula de 3455 y la educación secundaria con 750, lo cual suma una matrícula general de 4205 estudiantes. Dentro los 46 centros de estudios, los cinco que poseen mayor cantidad (ver tabla 3.1) de estudiantes son: [7]

**Tabla 3.1.Cantidad de matrículas por escuelas**

Nombre de la escuela	Número de estudiantes
<b>Nicarao</b>	794
<b>Instituto Delia Rosa Casco</b>	750
<b>Cruz Laguna</b>	218
<b>San Jacinto</b>	155
<b>Zacateras</b>	128

### 3.1.2 Coordenadas de cada escuela:

Las coordenadas exactas de cada una de las escuelas seleccionadas fueron obtenidas de dos maneras.

- A) Mediante la visita de campo que se realizó. Haciendo uso de un teléfono celular con sistema Android y GPS integrado, conexión de datos 3G y la aplicación “MY GPS Coordinantes” que se encuentra en google play store, para ello fue necesario estar ubicado en el lugar exacto donde se encuentra cada uno de los centros de estudios. (Observar Figura 3.1).
- B) Datos proporcionados por el MINED (Ministerio de Educación y Deporte) de Wiwilí Nueva Segovia, provenientes de su base de datos de todas las escuelas del Municipio.



Figura 3.1 Muestra de la toma de coordenadas mediante la aplicación MY GPS

Comparando que ambas fuentes de informacion son correctas, se encontro que las coordenadas de las cinco escuelas y de la Alcaldia son: (ver tabla 3.2)

Tabla 3.2 Coordenadas de cada escuela

Nombre	Coordenadas	
	Latitud	Longitud
Alcaldia Municipal	13° 37' 28.9" N	85° 49' 29.5" O
Nicarao	13° 37' 30.5" N	85° 49' 31.6" O
Instituto Delia Rosa Casco	13° 37' 31.9" N	85° 49' 39.2" O
Cruz Laguna	13° 36' 25.2" N	85° 50' 00.9" O
San Jacinto	13° 38' 10.8" N	85° 50' 52.6" O
Zacateras	13° 34' 17.7" N	85° 51' 37.4" O

## 3.2 Aspectos legales a tomar en cuenta para la ejecución del radioenlace.

Como lo establece el **artículo 8** de la **LEY GENERAL DE TELECOMUNICACIONES Y SERVICIOS POSTALES- LEY No. 200**, Aprobada el 21 de Julio de 1995. Publicado en La Gaceta No. 154 de 18 de Agosto de 1995, los servicios de telecomunicaciones se clasifican en: servicios públicos, servicios de interés general, servicios de interés especial, servicios de interés particular y servicios no regulados.[8]

Según las definiciones acerca de cada uno de los servicios de telecomunicaciones y lo expresado en el **Artículo 12** de esta ley, los Servicios de interés particular son aquellos establecidos por una persona natural o jurídica para satisfacer sus propias necesidades de comunicación, utilizando redes autorizadas o instalaciones propias. Estos servicios no pueden ser prestados a terceros, salvo que sean complementarios para el cumplimiento de un objetivo social. Se prestan por las redes privadas de telecomunicaciones, las cuales no pueden ser interconectadas a la red pública telefónica, excepto que sea autorizado por TELCOR.

Por lo cual se considera que el radioenlace multipunto que realizará la alcaldía de Wiwilí para poder llevar el servicio de internet que poseen en sus oficinas hasta algunas de las escuelas del sector, “es un servicio de interés particular”.

Ya que se pretende usar la banda libre de **frecuencia 2.4 GHz**. No se necesitara ningún tipo de licencia. Por ello, basado en lo establecido en los **artículos 18 y 61** de la presente ley, para poder implementar dicho radioenlace solamente se requerirá de registro, así como de un permiso cuando a juicio de TELCOR sea necesario para vigilar el cumplimiento de restricciones de interconexión de ciertos servicios de redes privadas.

Para optar a dicho permiso se deben tomar en cuenta lo que indica el **artículo 64** de la ley general de telecomunicaciones, Toda solicitud de licencia, permiso o registro deberá contener los siguientes aspectos:

- A. Nombre de la persona natural o jurídica que lo solicita.
- B. Partida de nacimiento y número RUC del solicitante o de los socios.
- C. Prueba de que la sociedad está constituida legalmente.
- D. Información detallada de las inversiones y de las actividades que se pretendan realizar.

- E. Ubicación de la planta transmisora y de los estudios, así como los planos de los mismos, con indicación de los lugares en que se instalarán y memoria descriptiva.
- F. Potencia del transmisor, su marca, características generales del equipo de estudio, clase de antena, su altura y radiales, diagrama de directividad, si la hay, y área de servicio.

## 3.3 Equipos técnicos.

### 3.3.1 Equipos de radio:

#### Descripción.

Para poder enlazar las escuelas ya mencionadas, se hará uso de los dispositivos Wifi de largo alcance que fabrica la empresa “Ubiquiti networks”; Dentro de esta familia de dispositivos se encuentran: NanoStationM5, NanoStationM2, NanoStationM3, NanoStationM365, NanoStationlocoM2, NanoStationlocoM5, NanoStationlocoM9. Donde los dígitos al final de cada modelo representa la frecuencia de operación de cada uno de ellos, por ejemplo: NanoStationM5 trabaja entre 5.7 a 5.8 GHz.

La diferencia que hay entre los NanostationM y los NanoStationlocoM radica en la potencia de transmisión ya que los NanostationM son modelos más potentes y poseen antenas de mayor ganancia.

En el diseño de este radioenlace multipunto trabajaremos en la frecuencia de 2.4 GHz por lo que haremos uso del **Nanostation M2** para los vanos de mayor longitud, lo cual requiere una mejor potencia de transmisión y del **Nanostation Loco M2** para los vanos de menor longitud (ver figura 3.2), los cuales tienen un alcance de hasta de 10 kilómetros.[9]



Figura 3.2 Muestra de equipos de radio

## Características Técnicas:

**Tabla 3.3 Información del sistema de los equipos de radio.**

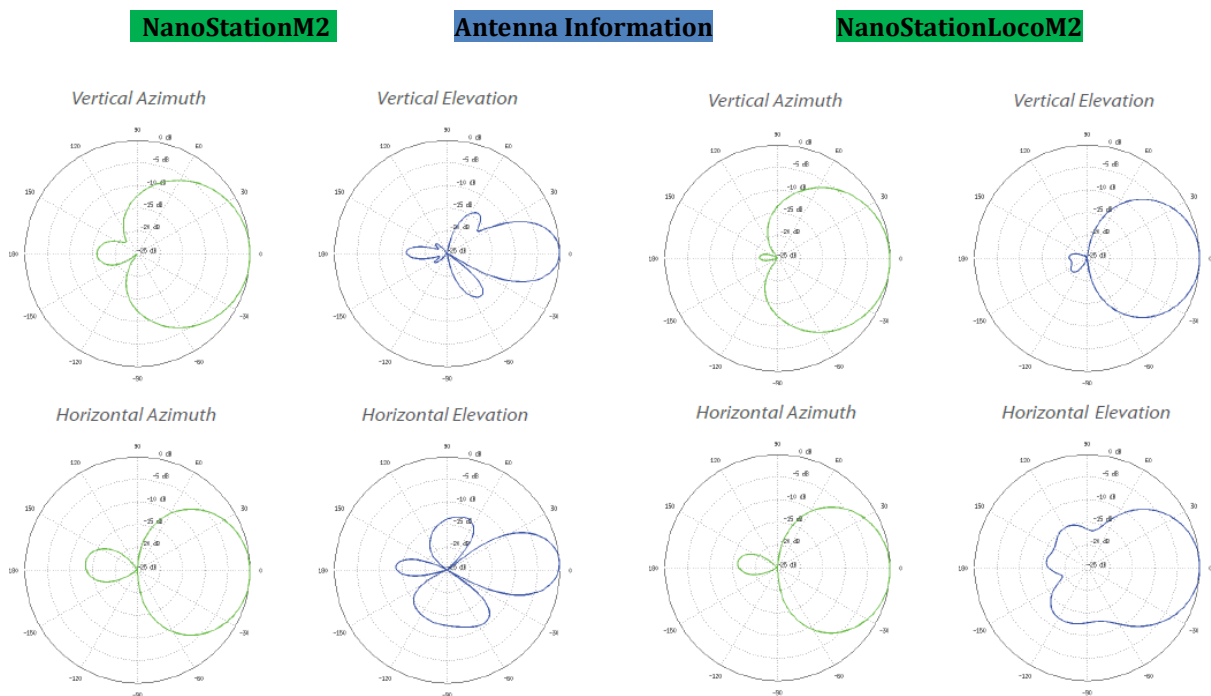
System Information		
Model	NanostationM2	NanostationlocoM2
Processor Specs	Atheros MIPS 24KC, 400 MHz	Atheros MIPS 24KC, 400 MHz
Memory	32 MB SDRAM, 8 MB Flash	32 MB SDRAM, 8 MB Flash
Networking Interface	(2) 10/100 Ethernet Ports	(1) 10/100 Ethernet Port
Operating Frequency (MHz)		
Worldwide	2412-2462	2412-2462
Physical/Electrical/Environmental		
Dimensions (mm)	294 x 31 x 80	163 x 31 x 80
Weight	0.4 kg	0.18 kg
Power Supply (PoE)	24V, 0.5A	24V, 0.5A
Max. Power Consumption	8 W	5.5W
Polarization	Dual Linear	
Enclosure Characteristics	Outdoor UV Stabilized Plastic	
Mounting	Pole Mounting Kit Included	
Power Method	Passive Power over Ethernet	
Operating Temperature	-30 to 75° C	
Operating Humidity	5 to 95% Condensing	
Shock & Vibration	ETSI300-019-1.4	
Antenna Information		
Gain	10.4-11.2 dBi	8.5 dBi
Cross-pol Isolation	23 dB Minimum	20 dB Minimum
Max. VSWR	1.6:1	1.4:1
Beamwidth	55° (H-pol) / 53° (V-pol) / 27° (Elevation)	60° (H-pol) / 60° (V-pol) / 60° (Elevation)

**Tabla 3. 4 Especificaciones Loco M2**

NanoStationLocoM2 Specifications Output Power: 23 dBm						
2.4 GHz TX POWER SPECIFICATIONS				2.4 GHz RX POWER SPECIFICATIONS		
	Data Rate/MCS	Avg. TX	Tolerance	Data Rate/MCS	Sensitivity	Tolerance
11b/g	1-24 Mbps	23 dBm	± 2 dB	1-24 Mbps	-83 dBm	± 2 dB
	36 Mbps	21 dBm	± 2 dB	36 Mbps	-80 dBm	± 2 dB
	48 Mbps	19 dBm	± 2 dB	48 Mbps	-77 dBm	± 2 dB
	54 Mbps	18 dBm	± 2 dB	54 Mbps	-75 dBm	± 2 dB
airMAX	MCS0	23 dBm	± 2 dB	MCS0	-96 dBm	± 2 dB
	MCS1	23 dBm	± 2 dB	MCS1	-95 dBm	± 2 dB
	MCS2	23 dBm	± 2 dB	MCS2	-92 dBm	± 2 dB
	MCS3	23 dBm	± 2 dB	MCS3	-90 dBm	± 2 dB
	MCS4	22 dBm	± 2 dB	MCS4	-86 dBm	± 2 dB
	MCS5	20 dBm	± 2 dB	MCS5	-83 dBm	± 2 dB
	MCS6	18 dBm	± 2 dB	MCS6	-77 dBm	± 2 dB
	MCS7	17 dBm	± 2 dB	MCS7	-74 dBm	± 2 dB
	MCS8	13 dBm	± 2 dB	MCS8	-95 dBm	± 2 dB
	MCS9	23 dBm	± 2 dB	MCS9	-93 dBm	± 2 dB
	MCS10	23 dBm	± 2 dB	MCS10	-90 dBm	± 2 dB
	MCS11	23 dBm	± 2 dB	MCS11	-87 dBm	± 2 dB
	MCS12	22 dBm	± 2 dB	MCS12	-84 dBm	± 2 dB
	MCS13	20 dBm	± 2 dB	MCS13	-79 dBm	± 2 dB
	MCS14	18 dBm	± 2 dB	MCS14	-78 dBm	± 2 dB
	MCS15	17 dBm	± 2 dB	MCS15	-75 dBm	± 2 dB

**Tabla 3.5 Especificaciones Nanostation M2.**

NanoStationM2 Specifications Output Power: 28 dBm						
2.4 GHz TX POWER SPECIFICATIONS				2.4 GHz RX POWER SPECIFICATIONS		
	Data Rate/MCS	Avg. TX	Tolerance	Data Rate/MCS	Sensitivity	Tolerance
11b/g	1-24 Mbps	28 dBm	± 2 dB	1-24 Mbps	-83 dBm	± 2 dB
	36 Mbps	26 dBm	± 2 dB	36 Mbps	-80 dBm	± 2 dB
	48 Mbps	25 dBm	± 2 dB	48 Mbps	-77 dBm	± 2 dB
	54 Mbps	24 dBm	± 2 dB	54 Mbps	-75 dBm	± 2 dB
airMAX	MCS0	28 dBm	± 2 dB	MCS0	-96 dBm	± 2 dB
	MCS1	28 dBm	± 2 dB	MCS1	-95 dBm	± 2 dB
	MCS2	28 dBm	± 2 dB	MCS2	-92 dBm	± 2 dB
	MCS3	28 dBm	± 2 dB	MCS3	-90 dBm	± 2 dB
	MCS4	27 dBm	± 2 dB	MCS4	-86 dBm	± 2 dB
	MCS5	25 dBm	± 2 dB	MCS5	-83 dBm	± 2 dB
	MCS6	23 dBm	± 2 dB	MCS6	-77 dBm	± 2 dB
	MCS7	22 dBm	± 2 dB	MCS7	-74 dBm	± 2 dB
	MCS8	28 dBm	± 2 dB	MCS8	-95 dBm	± 2 dB
	MCS9	28 dBm	± 2 dB	MCS9	-93 dBm	± 2 dB
	MCS10	28 dBm	± 2 dB	MCS10	-90 dBm	± 2 dB
	MCS11	28 dBm	± 2 dB	MCS11	-87 dBm	± 2 dB
	MCS12	27 dBm	± 2 dB	MCS12	-84 dBm	± 2 dB
	MCS13	25 dBm	± 2 dB	MCS13	-79 dBm	± 2 dB
	MCS14	23 dBm	± 2 dB	MCS14	-78 dBm	± 2 dB
	MCS15	22 dBm	± 2 dB	MCS15	-75 dBm	± 2 dB

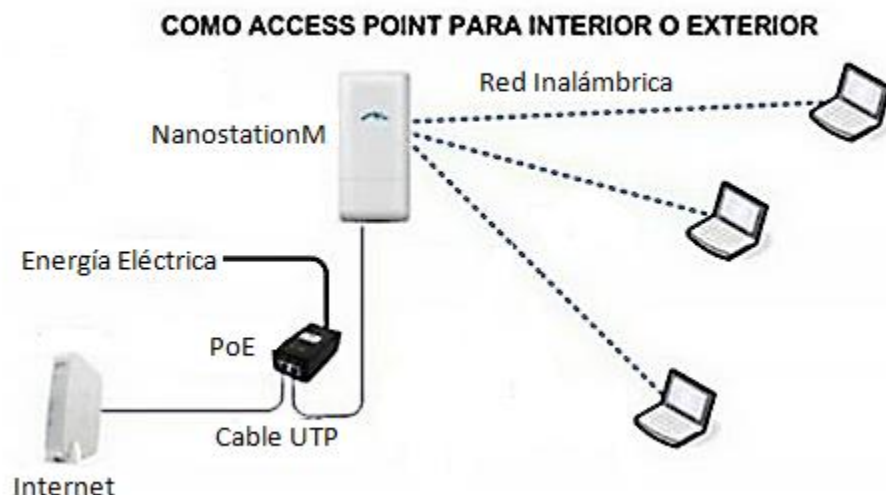


**Figura 3.3 Patrón de radiación de las antenas**

## Formas en las que se pueden utilizar:

Las antenas Ubiquiti NanostationM pueden instalarse en exteriores, ya que están totalmente aisladas y preparadas para aguantar el sol, la lluvia, el viento, y es capaz de resistir a las oxidaciones. Existen tres maneras en las cuales se pueden Utilizar los dispositivos Nanostation.[9]

- 1) Los equipos de la familia de los Nanostation pueden funcionar como amplificador Wifi, conectados al router de ADSL o fibra y se configura como emisora, entonces emitirá una red Wifi a la que podrás conectar tus dispositivos directamente, para que tengan Internet.(ver figura 3.4)



**Figura 3.4 Configuración como punto de acceso**

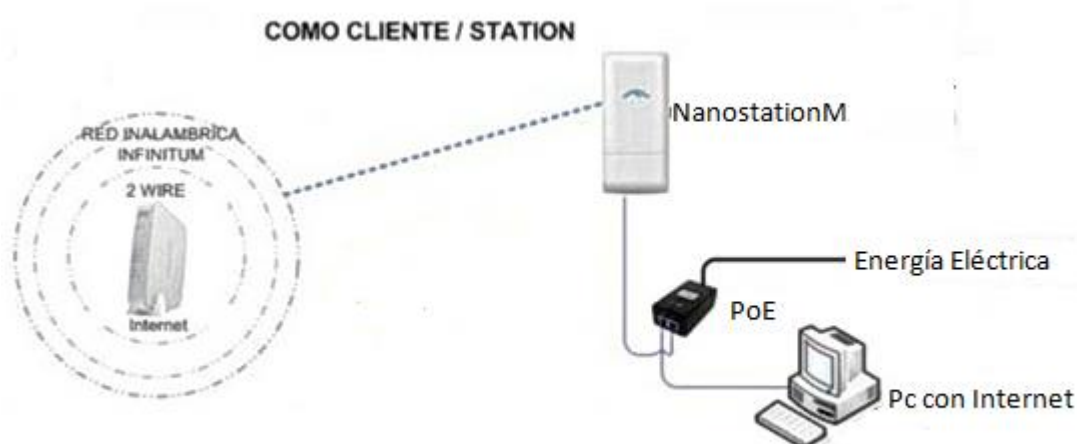
- 2) Los Nanostation tienen un alcance máximo de 10 Kilómetros, este se consigue utilizando dos de ellos, una actúa como emisora de la señal Wifi y otra como receptora, de este modo se puede crear un enlace entre dos puntos a 10 kilómetros de distancia. Esta distancia se alcanza siempre que haya visión directa entre las antenas y ningún obstáculo, en caso de haber obstáculos la distancia se va reduciendo (ver figura 3.5). [9]



**Figura 3.5 Configuración como enlace punto a punto**



- 3) Los Nanostation también pueden funcionar como antena Wifi de largo alcance, funciona al revés que en el primer caso, se configura como receptora de señal Wifi y se conecta a un router neutro, entonces es capaz de captar otras señales y enviarlas al router, luego se conectan los demás dispositivos al router para que estos tengan Internet (ver figura 3.6). [9]

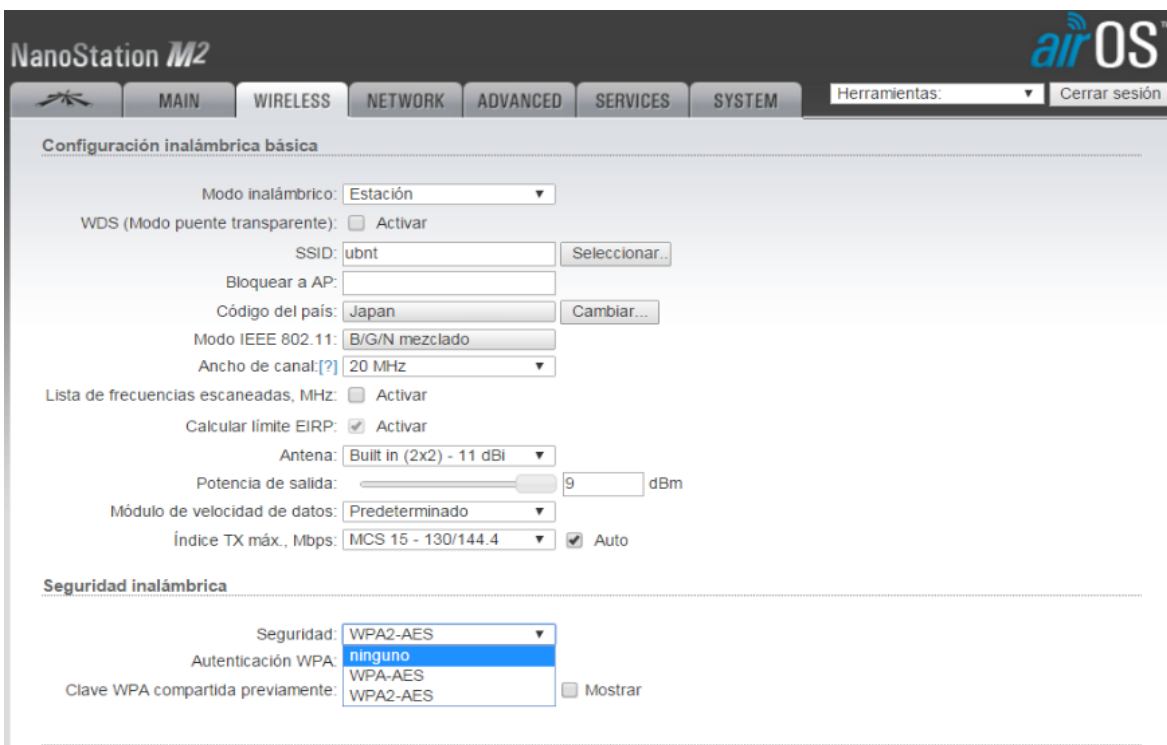


**Figura 3.6 Configuración como antena Wifi**

## Interfaz de configuración.

Para poder configurar los equipos Nanostation en cualquiera de las tres maneras, se hace uso de la interfaz del sistema llamado AirOS. ( ver figura 3.7)

AirOS es un sistema operativo avanzado, con potentes funciones inalámbricas y de enrutamiento. Basado en una interfaz simple e intuitiva, permite el máximo rendimiento de la serie Nanostation de productos Ubiquiti, que están basados en **IEEE 802.11n**.

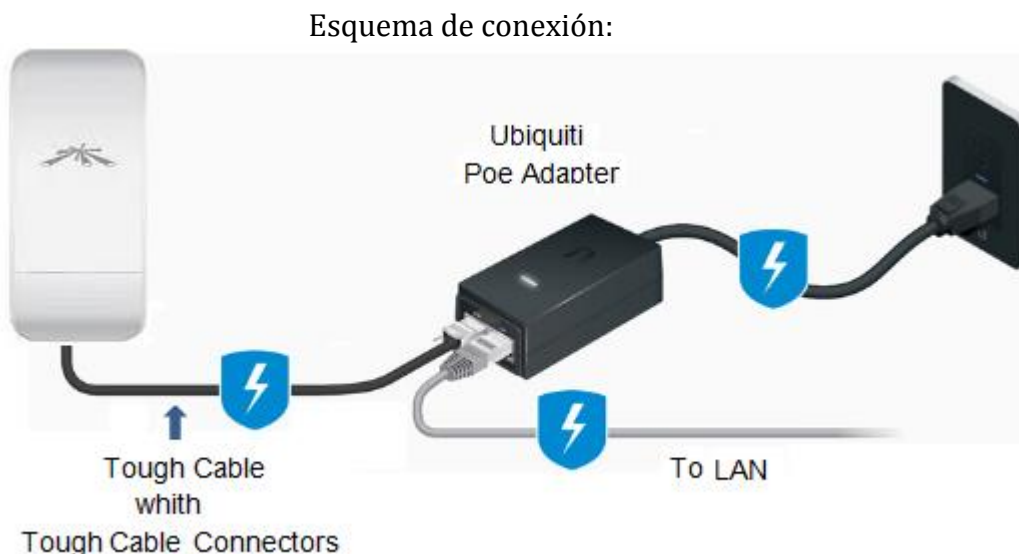


The screenshot shows the 'airOS' configuration interface for a NanoStation M2. The 'WIRELESS' tab is selected. The 'Configuración inalámbrica básica' section includes settings for Mode (Estación), WDS (desactivated), SSID (ubnt), Country (Japan), Mode IEEE 802.11 (B/G/N mezclado), Channel Width (20 MHz), EIRP (activated), Antenna (Built in (2x2) - 11 dBi), Output Power (9 dBm), Data Rate (Predeterminado), and Max TX Index (MCS 15 - 130/144.4, Auto). The 'Seguridad inalámbrica' section shows Security (WPA2-AES), Authentication (ninguno), and a shared WPA key (WPA2-AES, hidden).

**Figura 3.7 Interfaz de configuración**

## Power over Ethernet Adapters.

Los NanoStation y todos los dispositivos Ubiquiti en general vienen con un dispositivo llamado POE (Power over Ethernet Adapters), el cual actúa de intermediario entre la red LAN, el enchufe de corriente eléctrica y la antena NanoStation. El POE sirve para proteger a la antena de fluctuaciones y de problemas con la corriente electrostática. (ver figura 3.8)



**Figura 3.8 Conexión y función del POE**

## Protocolo Airmar.

AirMAX es una tecnología que permite velocidades reales de TCP/IP para exteriores de más de 150 Mbps y consiste en un diseño de vanguardia de hardware de radio, antenas MIMO de estación base de clase portadora y un potente protocolo TDMA que ofrece velocidad y escalabilidad de red sobre distancias de enlaces de varios kilómetros.

El protocolo TDMA de AirMAX fue diseñado teniendo en cuenta la velocidad y la escalabilidad. Tradicionalmente, las soluciones más económicas de radio de banda para exteriores sin licencia se han basado en el estándar 802.11 (o Wifi). Si bien estas soluciones ofrecen buenos resultados en implementaciones de pequeña escala, pierden calidad de rendimiento de manera exponencial a medida que se agregan más clientes y causan colisiones y retransmisiones. La tecnología AirMAX de Ubiquiti soluciona estos problemas a través del uso de un protocolo de hardware TDMA acelerado que consiste en un coordinador de sondeo inteligente con programación inteligente y detección nativa de paquetes VOIP. El resultado es una red que puede escalar a cientos de clientes por estación base y a la vez mantiene baja latencia, alto rendimiento y calidad de voz sin interrupciones.

Junto con la implementación de este protocolo TDMA de última generación, Ubiquiti presenta una cartera de tecnologías de antenas MIMO que ofrece un rendimiento de

clase portadora con pérdida de retorno, aislamiento de polarización cruzada, ganancia, inclinación vertical eléctrica y características de amplitud de haz que por lo general se encuentran sólo en las antenas de estación base celulares de la más alta calidad. Las antenas han sido diseñadas y evaluadas de forma práctica para garantizar un rendimiento óptimo, al utilizar el protocolo AirMAX y el hardware AirMAX de radio MIMO 2x2.

### 3.3.2 Equipos de la red LAN:

Para los laboratorios de cómputo se utilizarán los switch para la conexión de las distintas computadoras y para conectar el interfaz del radioenlace. Se utilizará un switch de 16 puertos para cada punto incluyendo a la alcaldía que es donde se proveerá de servicio a las demás escuelas. A continuación las características y figura ilustrativa (ver figura 3.9) del modelo del switch.

#### **SWITCH 16 PUERTOS NEXXT 10/100 ASFRM164U1**



**Figura 3.9 muestra de switch a trabajar**

#### **Características**

- Conmutador multipropósito capaz de enlazar segmentos de 10 y 100 Mbps. Cada puerto crea un segmento de red independiente de 10 Mbps o 100 Mbps
- el cual permite extender el ancho de banda disponible
- 16 Puertos independientes con ancho de banda de 10Mbps apto para 200Mbps. Admite el control por contrapresión en el modo semidúplex y IEEE 802.3x para operar en el modo dúplex

El tipo de línea de transmisión será un cable UTP par trenzado para realizar todas las conexiones del radioenlace y del switch hacia las distintas computadoras de los laboratorios de cómputo. (ver figura 3.10)



**Figura 3.10 Cable utp**

Características:

- Bajo costo en su contratación.
- Alto número de estaciones de trabajo por segmento.
- Facilidad para el rendimiento y la solución de problemas.
- Puede estar previamente cableado en un lugar o en cualquier parte.

### 3.3.3 Energía solar necesaria.

Al momento de implementar el radioenlace multipunto para proporcionar internet a 5 escuelas del municipio Wiwilí- Nueva Segovia, Será necesario hacer uso de la energía solar fotovoltaica para poder alimentar los equipos en los sitios donde no exista la red eléctrica.

LA energía solar fotovoltaica genera energía eléctrica directamente de los rayos luminosos, gracias el efecto fotovoltaico que altera el campo eléctrico existente entre dos capas de semiconductores, produciendo corriente continua. Esta generación de energía ocurre dentro de los paneles solares fotovoltaicos cuyos tamaños, formas y potencias son diversos en el mercado.

Los paneles solares fotovoltaicos pueden estar hechos de diferentes materiales pero el silicio es el más utilizado. Se usa este material (arena) porque es muy abundante, lo cual ayuda a que el precio de los paneles no sea más elevado. Así, el silicio usado para construir las células fotovoltaicas de los paneles solares puede ser de tres formas: Monocristalino, Policristalino y Amorfo.

Los sistemas fotovoltaicos constan de:



**Figura 3.11 Conexión del panel solar**

**Panel Solar:** Transforma la energía del sol en energía eléctrica

**Batería de ciclo profundo:** Almacena la energía generada para poder utilizarla en cualquier momento del día o la noche

**Controlador:** Protege la batería contra posibles sobrecargas causadas por el excedente de energía proveniente del panel.

**Inversor:** Convierte la energía del panel solar DC a energía AC 110V

## **Cálculos de los paneles solares que se deben utilizar.**

Dentro los puntos que estarán ubicadas las estaciones transmisoras y receptoras así como las escuelas mismas, existen dos lugares donde no se tiene acceso a la red eléctrica, la escuela de Zacateras y la estación repetidora.

### **En el Repetidor.**

En este punto estarán ubicados cinco Nanostation M2, los cuales consumen 8 watts para un total de 40 watts. Si asumimos que estarán encendidos durante 12 horas diariamente en el peor de los casos, se obtiene que la demanda de energía será de 480 watts por día.

Para conocer la cantidad de energía que deben generar los paneles se divide la potencia demandada durante un día, entre la cantidad de horas que estarán expuestos al sol dichos paneles.

La cantidad de horas de luz solar varía en dependencia de la ubicación geográfica, estos datos los proporciona la NASA mediante su sitio web, para ello solo se deben ingresar las coordenadas del punto exacto como se muestra a continuación.[10]



## NASA Surface meteorology and Solar Energy



### To access data for RETScreen:

Enter BOTH latitude and longitude either in decimal degrees or degrees and minutes separated by a space.

Example:

Latitude?

Longitude?

Latitude 33.5 Longitude -80.75 OR Latitude 33 30 Longitude -80 45

South: -90 to 0 North: 0 to 90

West: -180 to 0 East: 0 to 180

This form is "Reset" if the input is out of range.



[Back to SSE Data Set Home Page](#)

Responsible > Data: Paul W. Stackhouse, Jr., Ph.D.  
 Officials > Archive: John M. Kusterer  
 Site Administration/Help: NASA Langley ASDC User  
 Services [\(Contact Us\)](#)  
[\[Privacy Policy and Important Notices\]](#)  
 Document generated on Tue Oct 11 12:13:50 EDT 2016

**Figura 3.12 Ingreso de coordenadas en el sitio web de la NASA**

Month	Air temperature	Relative humidity	Daily solar radiation - horizontal	Atmospheric pressure	Wind speed	Earth temperature	Heating degree-days	Cooling degree-days
	°C	%	kWh/m <sup>2</sup> /d	kPa	m/s	°C	°C-d	°C-d
January	22.8	73.7%	4.28	97.0	4.5	23.3	0	407
February	23.8	67.6%	4.93	96.9	4.3	24.9	0	398
March	25.1	61.7%	5.73	96.8	3.9	27.2	0	474
April	26.4	59.5%	5.91	96.8	3.5	29.2	0	495
May	25.7	71.8%	5.27	96.8	3.0	27.5	0	491
June	24.8	81.1%	4.84	96.8	3.2	25.4	0	450
July	24.4	80.5%	4.55	96.9	3.7	24.9	0	456
August	24.5	80.2%	4.78	96.8	3.2	25.0	0	459
September	24.4	81.2%	4.92	96.7	2.8	24.9	0	443
October	24.0	81.5%	4.67	96.8	3.0	24.2	0	442
November	23.4	79.9%	4.27	96.8	3.6	23.5	0	412
December	22.9	77.2%	4.09	96.9	4.5	23.0	0	411
Annual	24.4	74.7%	4.85	96.8	3.6	25.2	0	5338
Measured at (m)					10.0	0.0		

**Figura 3.13 Datos climáticos**

Por lo tanto:

Energía que deben generar los paneles = consumo diario/horas solares. **3.1**

Energía que deben generar los paneles =  $480/4.85 = 98.96$  watts.

**Del resultado se puede decir que para alimentar los equipos de la estación repetidora basta con un panel solar 120 watts.**

### En Zacateras.

En la escuela de zacateras la demanda de energía es mucho mayor ya que no solo será el equipo de radio el que se debe alimentar sino que también las computadoras. Con el propósito de minimizar el consumo de energía de las computadoras, se recomienda que este centro de estudio el laboratorio sea a base de Laptops ya que estas consumen mucho menos energía que las computadoras de escritorio.



Por ello se tiene que la potencia demanda es:

Se tiene que una laptop consume 70 watts aproximadamente (dato que puede variar en dependencia del modelo), por lo que las 10 computadoras demandarían 700 watts. Asumiendo que el uso diario será de 8 horas en el peor de los casos, consumirían 5600 watts. A la energía requerida por las computadoras, se debe sumar la del receptor Nanostation M2 de 8 watts con un uso de 8 horas diarias, la cual sería de 64 watts; para una demanda total de 5664 watts por día.

La cantidad de horas de luz solar en el sector de zacateras es de 4.85. Entonces Usando la ecuación 3.1:

Energía que deben generar los paneles =  $5664/4.85 = 1167$  watts.

Del resultado se puede decir que para alimentar los equipos y las computadoras en la escuela zacateras se deben utilizar de 4 a 5 paneles de 250 watts.

### 3.4 Ancho de banda requerido

Para determinar el ancho de banda necesario para proporcionar una buena velocidad de internet, en cada escuela, se debe de considerar lo siguiente: Si todos los dispositivos de comunicación operan a la misma velocidad de transmisión de datos, todos invierten el mismo tiempo en enviar paquetes del mismo tamaño. Si están operando a velocidades más altas, el paquete de información se transfiere más rápidamente. Esto nos permite entender que para elegir un ancho de banda específico en nuestro diseño hay que considerar la capacidad de funcionamiento de los equipos técnicos que formaran parte del radioenlace así también como el proveedor de internet al punto de acceso central.

Para determinar el ancho de banda necesario para las escuelas se analizó lo más recurrente que visitarían los alumnos o la orientación que las autoridades le darían a los laboratorios y también la cantidad de matrícula en cada colegio.

Para los laboratorios de cómputos que se pretenden crear vamos a tener una carga de 10 computadoras para las escuelas de san Jacinto, Zacateras, Cruz Laguna y para las otras 2 escuelas restantes que son la Nicarao y el Instituto poseerán 15 computadoras por las cuales tienen mayor cantidad de estudiantes.

#### Cargas de páginas web

Para calcular los requerimientos de ancho de banda para el acceso a Internet es necesario saber cuál es el tamaño promedio en Kbyte por sitio Web.

El tamaño promedio de una página Web es de 1114Kbytes por página con un número de 100 objetos promedio por página o imágenes, también se calcula que un usuario accede a dos páginas web por minuto asumiendo el peor de los casos. [11]



$$T_{\text{usuario}} = T_{\text{sitio web}} * T_{\text{carga}} \quad \mathbf{3.2}$$

Calculo para los laboratorios que tengan 10 usuarios

$$T_{\text{usuario}} = (1114\text{Kbytes/sitio Web}) (1 \text{ sitio web}/30 \text{ seg}) (8\text{bits/Bytes})$$

$$T_{\text{usuario}} = 148.5\text{Kbps}$$

## Trafico de página Web en el laboratorio de 10 usuarios:

$$T_{\text{web}} * 10 = 1485\text{Kbps}$$

Consumo de ancho de banda por correo.

Suponiendo que cada usuario haga uso del correo electrónico una cantidad de cuatro veces por hora, se procede a realizar los cálculos del ancho de banda por correo electrónico.

$$T_{\text{usuario}} = T_{\text{email}} * T_{\text{carga}} \quad \mathbf{3.3}$$

$$T_{\text{usuario}} = (520\text{Kbytes/correo}) (4 \text{ correos}/3600\text{seg}) (8\text{bits/Bytes})$$

$$T_{\text{usuario}} = 4.62\text{Kbps}$$

Dónde:

$T_{\text{usuario}}$  = Trafico de correo electrónico por cada usuario

$T_{\text{email}}$  = Tamaño promedio del correo electrónico

$T_{\text{carga}}$  = Carga de correo electrónico de usuario por hora

$$T_{\text{usuario}} * 10 = 4.62\text{Kbps} * 10 = 23.1\text{Kbps} \quad \text{Trafico por correo electrónico.}$$

Ancho de banda total para 10 usuarios

Esto se obtiene sumando todas las cargas de tráfico de los diferentes servicios tenemos:

$$T_{\text{correo}} + T_{\text{web}} = 23.1\text{Kbps} + 1485\text{Kbps} = 1508 \text{ Kbps} \quad \mathbf{3.4}$$

Por tanto para los laboratorios de Cruz laguna, Zacateras y San Jacinto se necesitara mínimo **1.5 Mbps**

## Trafico de página Web en el laboratorio de 15 usuarios:

El cálculo se realiza de manera similar y utilizando las ecuaciones 3.2, 3.3, y 3.4.

$$T_{\text{usuario}} = (1114\text{Kbytes/sitio Web}) (1 \text{ sitio web}/30 \text{ seg}) (8\text{bits/Bytes})$$

$$T_{\text{usuario}} = 148.5\text{Kbps}$$

$$T_{\text{web}} * 15 = 2227.5 \text{ Kbps}$$

Consumo de ancho de banda por correo.

Suponiendo que cada usuario haga uso del correo electrónico una cantidad de cuatro veces por hora, se procede a realizar los cálculos del ancho de banda por correo electrónico. [11]

$$T_{\text{usuario}} = T_{\text{email}} * T_{\text{carga}}$$

$$T_{\text{usuario}} = (520\text{Kbytes/correo}) (4 \text{ correos}/3600\text{seg}) (8\text{bits/Bytes}) \quad T_{\text{usuario}} =$$

$$4.62\text{Kbps}$$

Dónde:

T usuario = Trafico de correo electrónico por cada usuario

T email = Tamaño promedio del correo electrónico

T carga = Carga de correo electrónico de usuario por hora

Trafico por correo electrónico en el laboratorio de 15 usuarios

$T_{\text{usuario}} * 15 = 4.62\text{Kbps} * 15 = 69.3\text{Kbps}$  Trafico por correo electrónico.

### Ancho de banda total para 15 usuarios

Esto se obtiene sumando todas las cargas de tráfico de los diferentes servicios tenemos:

$T_{\text{correo}} + T_{\text{web}} = 69.3\text{ Kbps} + 2227.5\text{ Kbps} = 2296.8\text{ Kbps}$

**Por tanto para los laboratorios de la Nicarao e Instituto se necesitara mínimo 2 Mbps para una navegación aceptable.**

Como recomendaciones proponemos instalar un firmware para regular las visitas de páginas pornográficas y redes sociales para así tener disponible la red para los propósitos primordiales, de esta manera se podrá optimizar la red.

## CAPÍTULO IV.

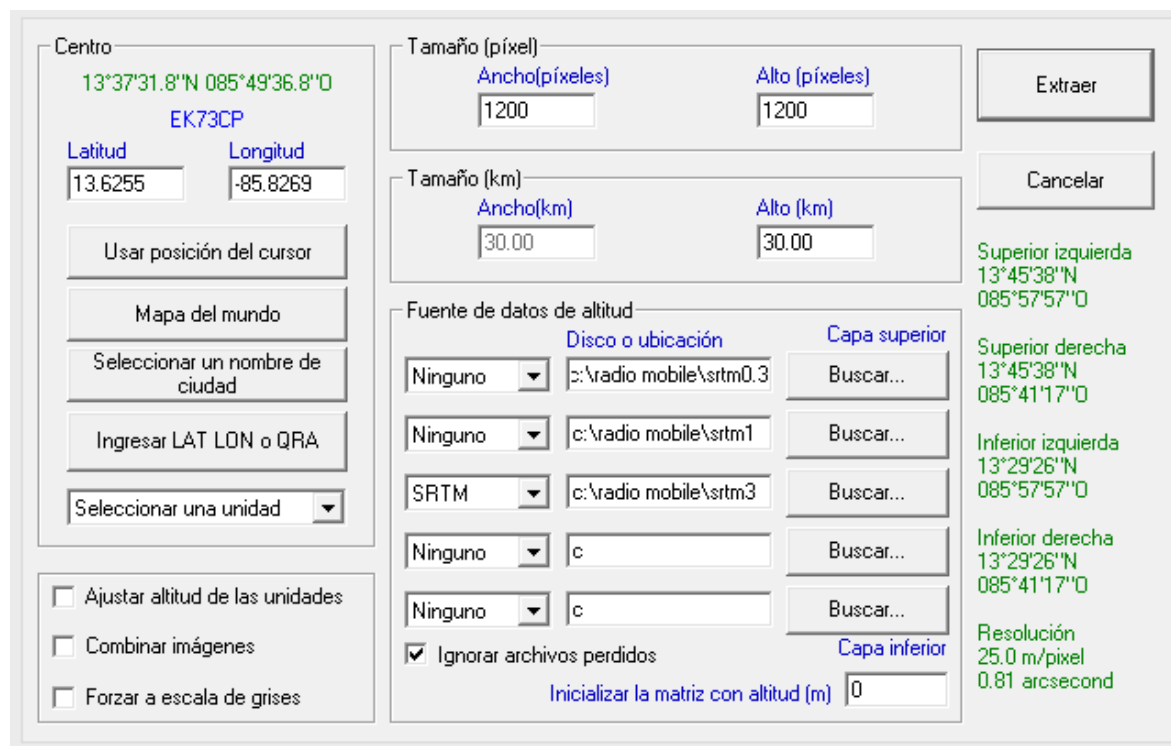
Simulación, análisis de fidelidad y calidad del radioenlace.

## 4.1 Simulación

Mediante el software Radio Mobile y Google Earth se realizó la simulación del radioenlace que partiendo de la Alcaldía, conectará las escuelas Nicrao, Instituto, Cruz Laguna, San Jacinto y Zacateras.

### 4.1.1 Ubicación de cada estación.

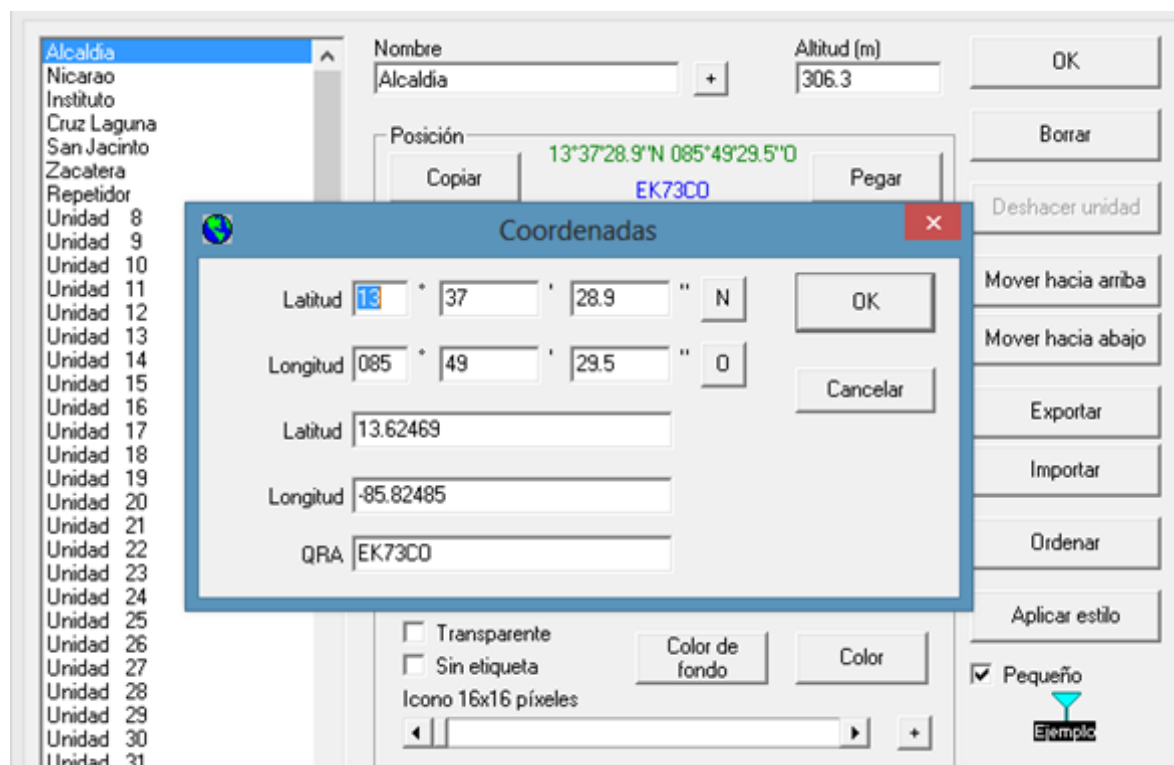
Se inició ingresando las propiedades del mapa (Figura4.1) tomando como referencia uno de los puntos, además se introdujeron las coordenadas de cada punto a conectar (Figura4.2), para poder obtener la ubicación exacta de cada uno de ellos (Figura4.3).



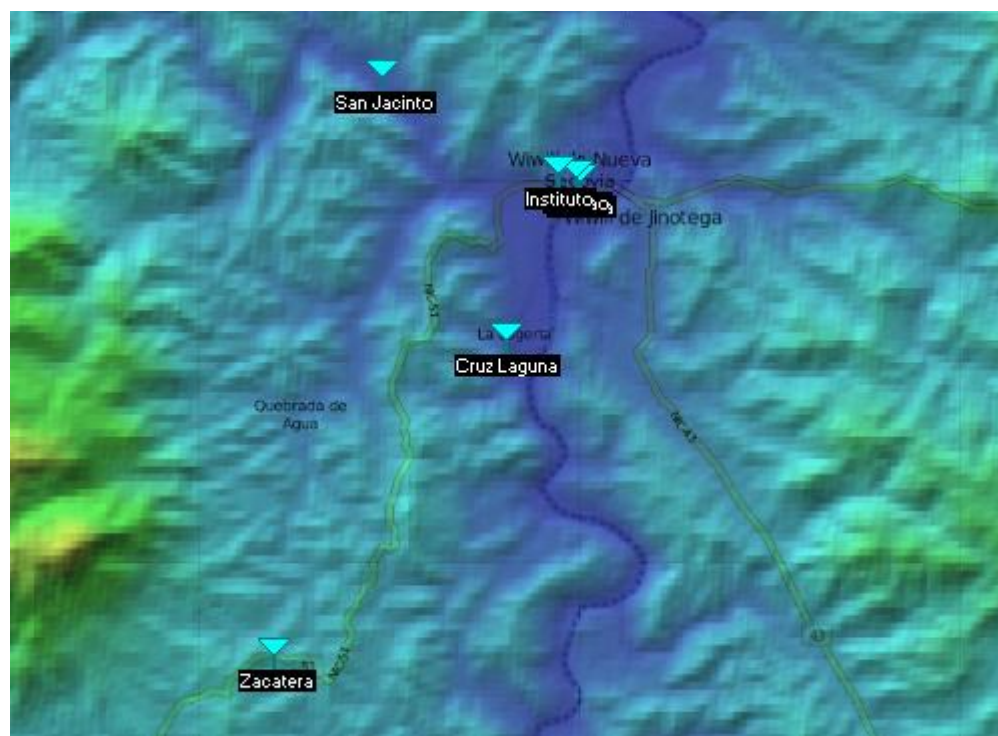
The screenshot shows the 'Propiedades del mapa' (Map Properties) dialog box in the Radio Mobile software. The interface is divided into several sections:

- Centro (Center):** Displays coordinates 13°37'31.8"N 085°49'36.8"W and the location code EK73CP. It includes input fields for Latitude (13.6255) and Longitude (-85.8269), a 'Usar posición del cursor' (Use cursor position) button, a 'Mapa del mundo' (World map) button, a 'Seleccionar un nombre de ciudad' (Select a city name) button, an 'Ingresar LAT LON o QRA' (Enter LAT LON or QRA) button, and a 'Seleccionar una unidad' (Select a unit) dropdown menu.
- Tamaño (Size):** Includes input fields for 'Ancho (píxeles)' (Width in pixels) and 'Alto (píxeles)' (Height in pixels), both set to 1200. Below these are 'Ancho (km)' and 'Alto (km)' fields, both set to 30.00.
- Fuente de datos de altitud (Altitude data source):** A table with columns for 'Disco o ubicación' (Disk or location), 'Capa superior' (Upper layer), and 'Capa inferior' (Lower layer). It lists several SRTM data sources with 'Buscar...' (Search) buttons. A checkbox 'Ignorar archivos perdidos' (Ignore missing files) is checked. An 'Inicializar la matriz con altitud (m)' (Initialize matrix with altitude in meters) field is set to 0.
- Resolution:** Displays 'Resolución' (Resolution) as 25.0 m/píxel and 0.81 arcsecond.
- Buttons:** 'Extraer' (Extract) and 'Cancelar' (Cancel) buttons are located on the right side.
- Coordinates Summary:** On the right, a summary of corner coordinates is shown:
  - Superior izquierda: 13°45'38"N 085°57'57"W
  - Superior derecha: 13°45'38"N 085°41'17"W
  - Inferior izquierda: 13°29'26"N 085°57'57"W
  - Inferior derecha: 13°29'26"N 085°41'17"W

Figura 4.1 Propiedades del mapa.



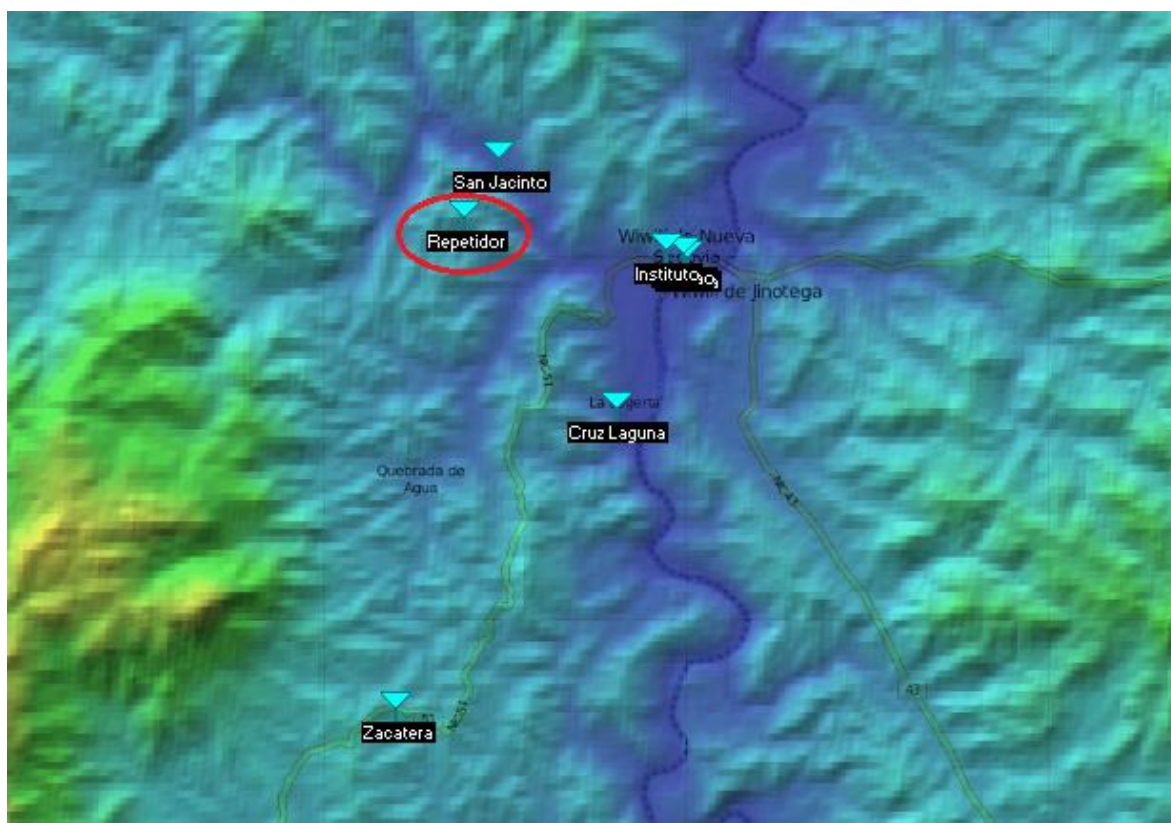
**Figura4.2 Ingreso de las coordenadas de la alcaldía en radio mobile.**



**Figura 4.3 Ubicación en radio mobile de los 5 centros de estudios y la alcaldía.**

Un factor indispensable en los enlaces de radiofrecuencia (RF) y en el diseño de este radioenlace multipunto es que exista línea de vista(LOS) entre el transmisor y el receptor de cada vano, ya que esto facilita la propagación de las ondas electromagnéticas evitando perdidas muy considerables ocasionadas por fenómenos como la difracción y la reflexión. Además que se pretende usar equipos de bajo costo y trabajar en 2.4 GHZ.

Entre la Nicarao, el Instituto, Cruz Laguna y la Alcaldía se encontró que existe LOS. Pero debido al tipo de relieve en la zona y a que están a una mayor distancia, la escuela de San Jacinto y la de Zacatera no poseen línea de vista (NLOS) con ninguna de las otras por lo que fue necesario poner un repetidor (ver Figura4.4) ubicado de tal manera que retransmitirá a ambas escuelas. Las coordenadas de dicho repetidor son: **Latitud** 13° 37' 46" N y **Longitud** 85° 51' 07" O.



**Figura 4.4 Ubicación del repetidor.**

#### 4.1.2 Determinación de los vanos.

Contando ya con la ubicación de todas las estaciones, durante la simulación se hicieron pruebas variadas para determinar los vanos que compondrían el diseño óptimo del radioenlace multipunto (ver figura 4.5). Quedando compuesto por un total de seis Vanos.

Para ello fue necesario analizar la mejor LOS, la altura de torre requerida y la distancia entre las estaciones transmisoras y receptoras correspondientes a cada vano.

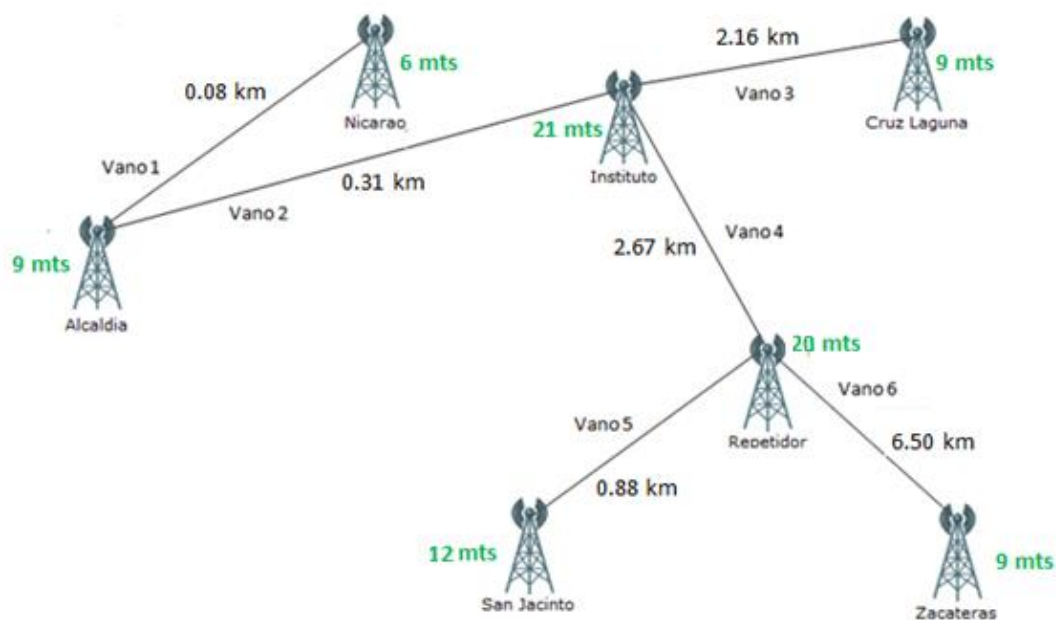


Figura 4.5 Estructura del Radioenlace vano a vano.



### 4.1.3 Frecuencia de operación.

Debido a que en algunas de las torres estarán ubicados dos o tres equipos de radio quienes operan entre 2412-2462 Mhz , para evitar interferencias se utilizaron tres canales de los once disponibles en 2.4 GHZ definidos por el estándar **IEEE 802.11b/g**, dichos canales son el 4, 6 y 8 (ver figura 4.6).

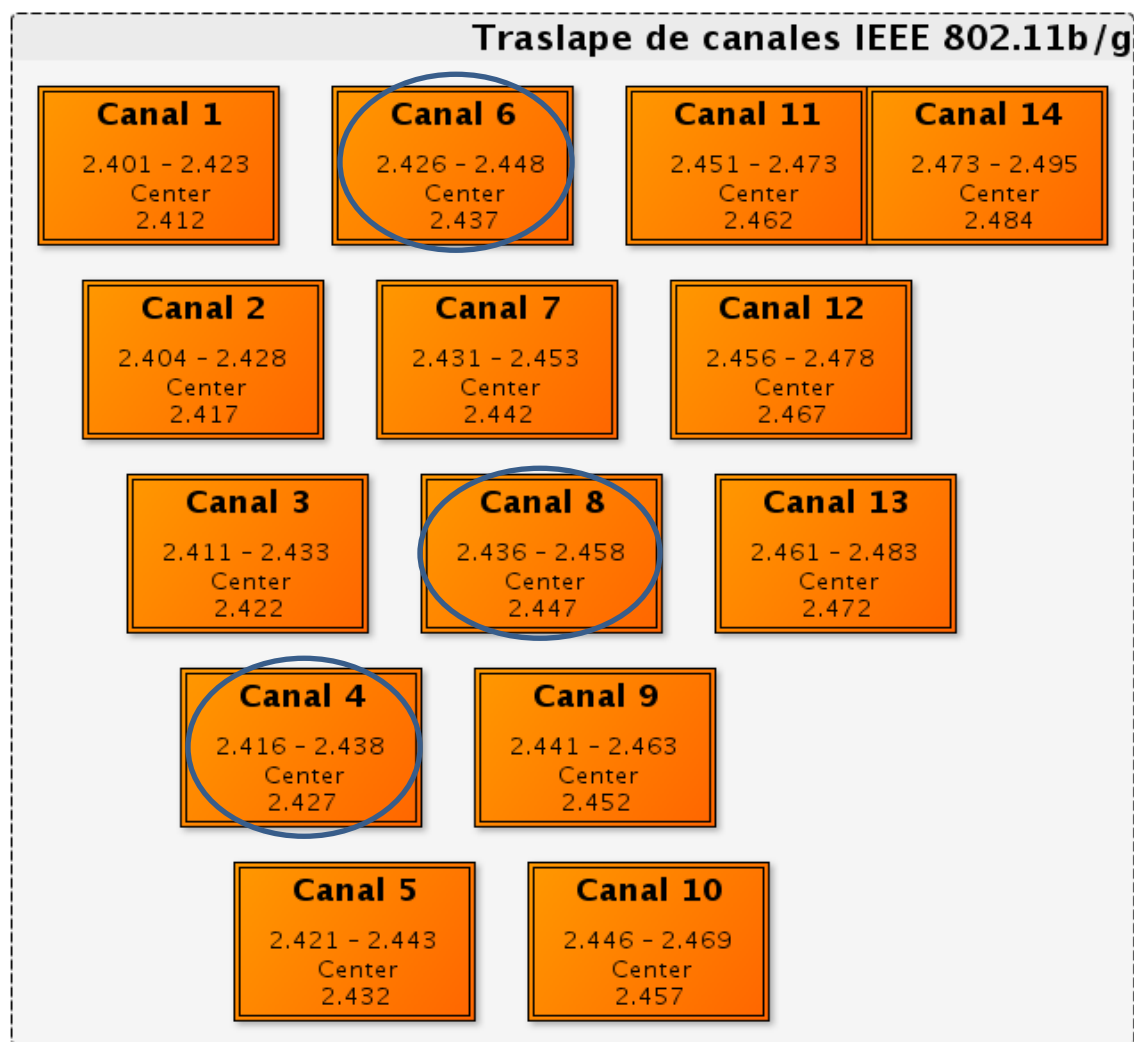
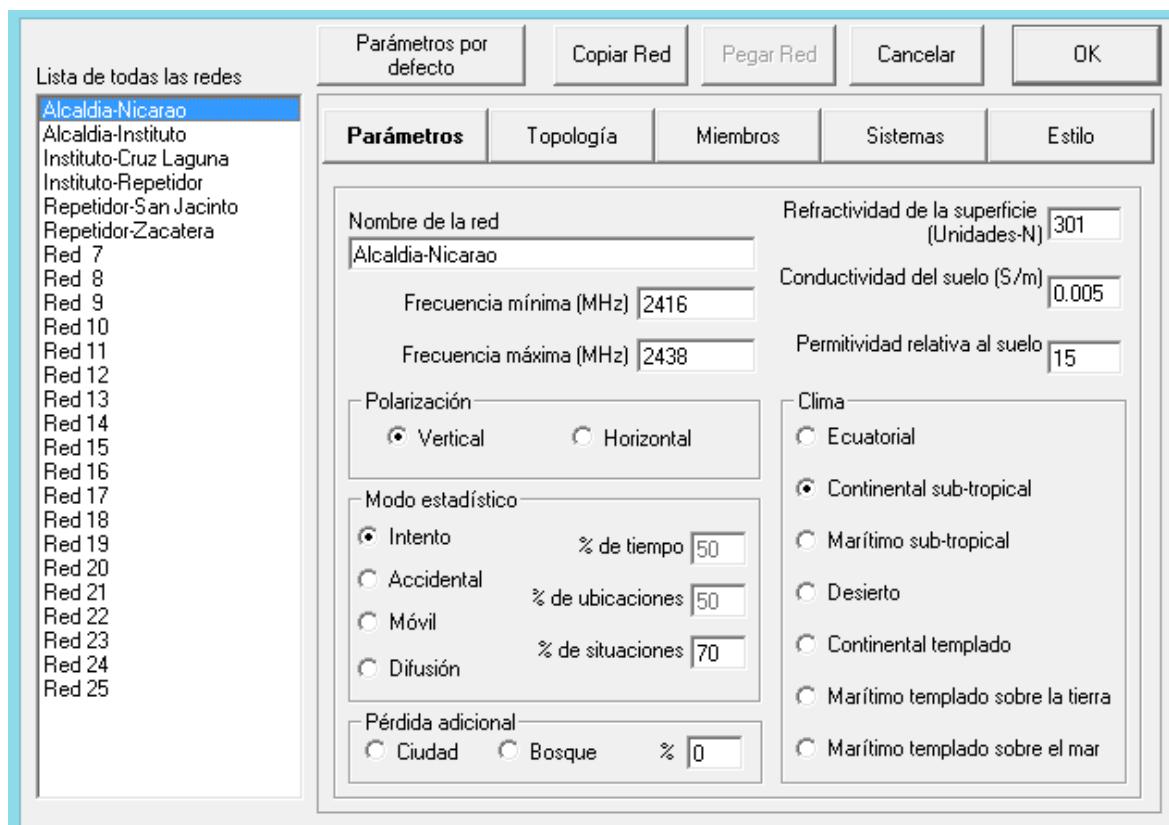


Figura 4.6 Canales de frecuencia.



#### 4.1.4 Propiedades de la red.

Se determinó una frecuencia de trabajo de 2.4GHz utilizando los canales ya mencionados anteriormente (Figura 4.6), polarización vertical, se seleccionó un suelo promedio con conductividad del suelo 5mS/m, permitividad relativa al suelo de 15, refractividad de la superficie 301N, clima sub-tropical. (ver figura 4.7)

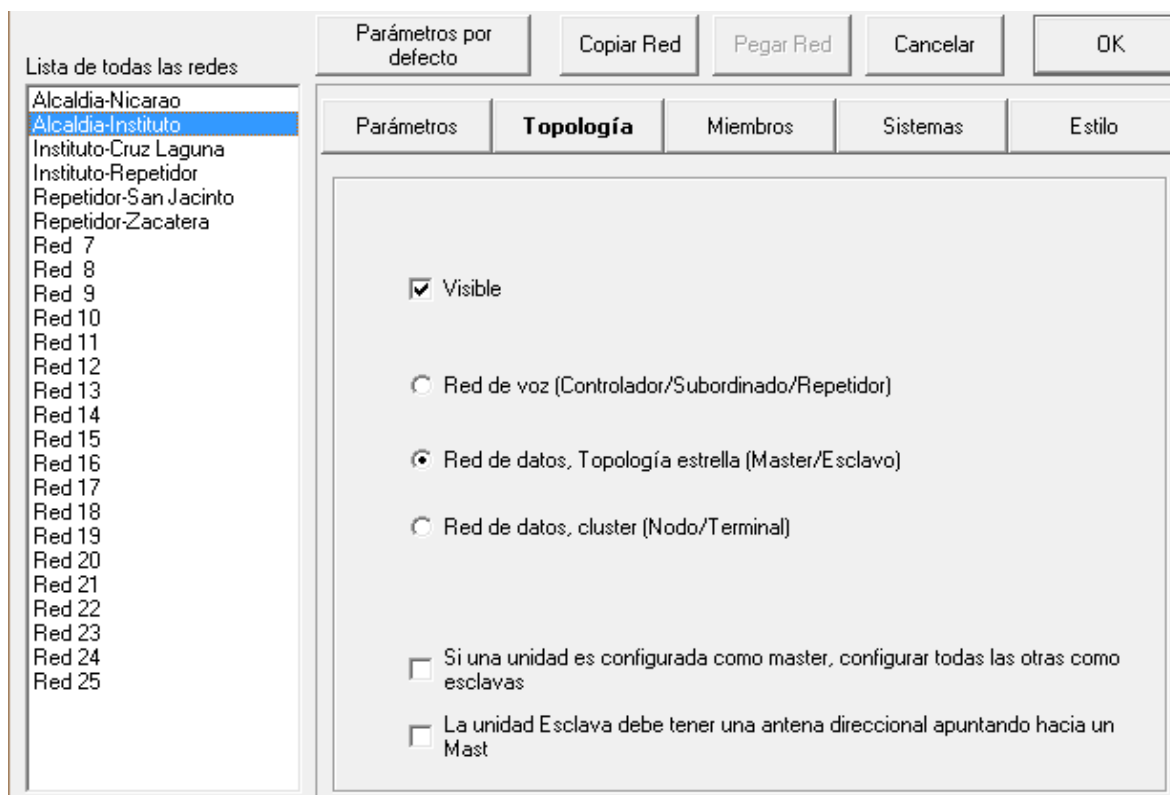


The screenshot shows a software interface for configuring a radio network. On the left, a list of networks is displayed, with 'Alcaldía-Nicarao' selected. The main area is divided into tabs: 'Parámetros', 'Topología', 'Miembros', 'Sistemas', and 'Estilo'. The 'Parámetros' tab is active, showing various configuration fields:

- Nombre de la red:** Alcaldía-Nicarao
- Frecuencia mínima (MHz):** 2416
- Frecuencia máxima (MHz):** 2438
- Polarización:** Vertical (selected), Horizontal
- Modo estadístico:**
  - Intento (selected): % de tiempo 50
  - Accidental: % de ubicaciones 50
  - Móvil: % de situaciones 70
  - Difusión
- Pérdida adicional:** Ciudad, Bosque, % 0
- Refractividad de la superficie (Unidades-N):** 301
- Conductividad del suelo (S/m):** 0.005
- Permitividad relativa al suelo:** 15
- Clima:**
  - Continental sub-tropical (selected)
  - Ecuatorial
  - Marítimo sub-tropical
  - Desierto
  - Continental templado
  - Marítimo templado sobre la tierra
  - Marítimo templado sobre el mar

Figura 4.7 Parámetros del vano 1.

La topología utilizada en esta red de datos, es la de master - esclavo (Figura 4.8) ya que cada vano del radioenlace, constara con dos miembros, un transmisor y un receptor los cuales serán master y esclavo respectivamente, con las antenas orientadas una viendo hacia la otra (ver figura 4.9).



Parámetros por defecto Copiar Red Pegar Red Cancelar OK

Lista de todas las redes

- Alcaldia-Nicarao
- Alcaldia-Instituto**
- Instituto-Cruz Laguna
- Instituto-Repetidor
- Repetidor-San Jacinto
- Repetidor-Zacatera
- Red 7
- Red 8
- Red 9
- Red 10
- Red 11
- Red 12
- Red 13
- Red 14
- Red 15
- Red 16
- Red 17
- Red 18
- Red 19
- Red 20
- Red 21
- Red 22
- Red 23
- Red 24
- Red 25

Parámetros Topología Miembros Sistemas Estilo

☒ Visible

☐ Red de voz (Controlador/Subordinado/Repetidor)

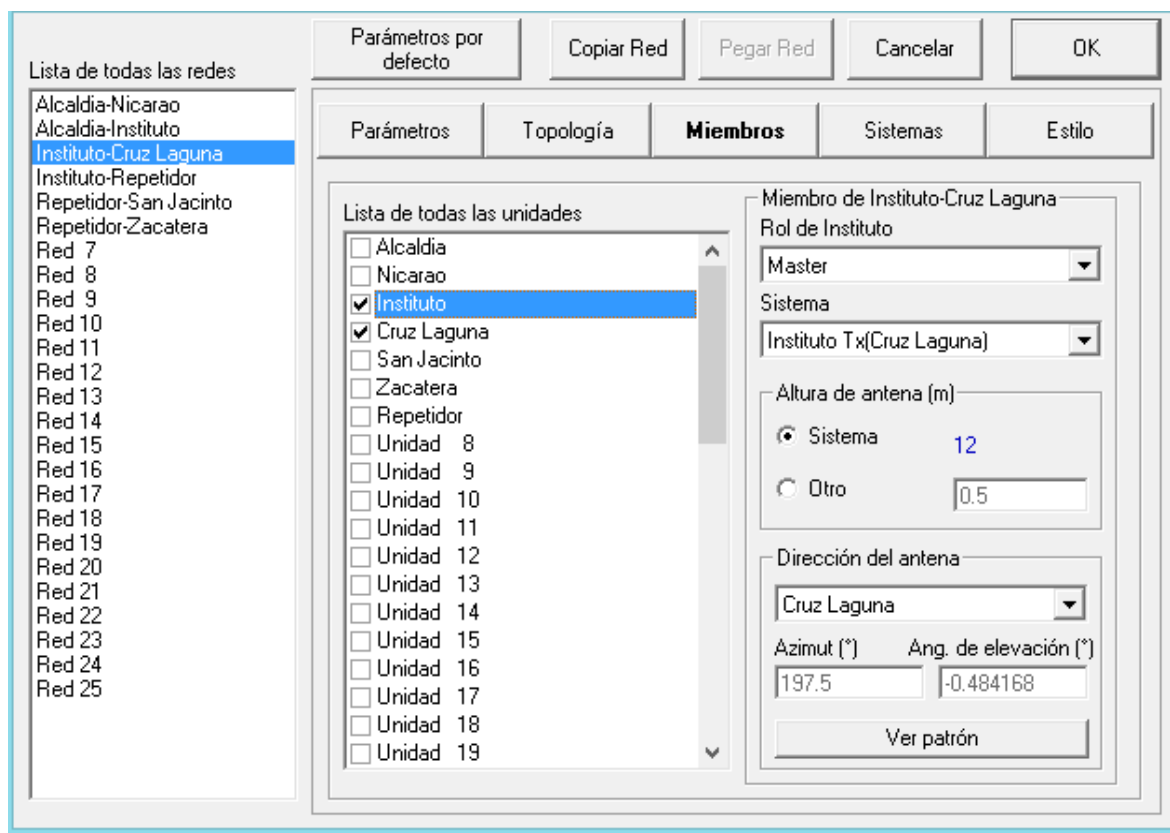
☒ Red de datos, Topología estrella (Master/Eslavo)

☐ Red de datos, cluster (Nodo/Terminal)

☐ Si una unidad es configurada como master, configurar todas las otras como esclavas

☐ La unidad Esclava debe tener una antena direccional apuntando hacia un Mast

Figura 4.8 Topología de la red.



Parámetros por defecto Copiar Red Pegar Red Cancelar OK

Lista de todas las redes

- Alcaldia-Nicarao
- Alcaldia-Instituto
- Instituto-Cruz Laguna**
- Instituto-Repetidor
- Repetidor-San Jacinto
- Repetidor-Zacatera
- Red 7
- Red 8
- Red 9
- Red 10
- Red 11
- Red 12
- Red 13
- Red 14
- Red 15
- Red 16
- Red 17
- Red 18
- Red 19
- Red 20
- Red 21
- Red 22
- Red 23
- Red 24
- Red 25

Parámetros Topología **Miembros** Sistemas Estilo

Lista de todas las unidades

- ☐ Alcaldia
- ☐ Nicarao
- ☒ **Instituto**
- ☒ Cruz Laguna
- ☐ San Jacinto
- ☐ Zacatera
- ☐ Repetidor
- ☐ Unidad 8
- ☐ Unidad 9
- ☐ Unidad 10
- ☐ Unidad 11
- ☐ Unidad 12
- ☐ Unidad 13
- ☐ Unidad 14
- ☐ Unidad 15
- ☐ Unidad 16
- ☐ Unidad 17
- ☐ Unidad 18
- ☐ Unidad 19

Miembro de Instituto-Cruz Laguna

Rol de Instituto

Master

Sistema

Instituto Tx(Cruz Laguna)

Altura de antena (m)

☒ Sistema 12

☐ Otro 0.5

Dirección del antena

Cruz Laguna

Azimut (°) Ang. de elevación (°)

197.5 -0.484168

Ver patrón

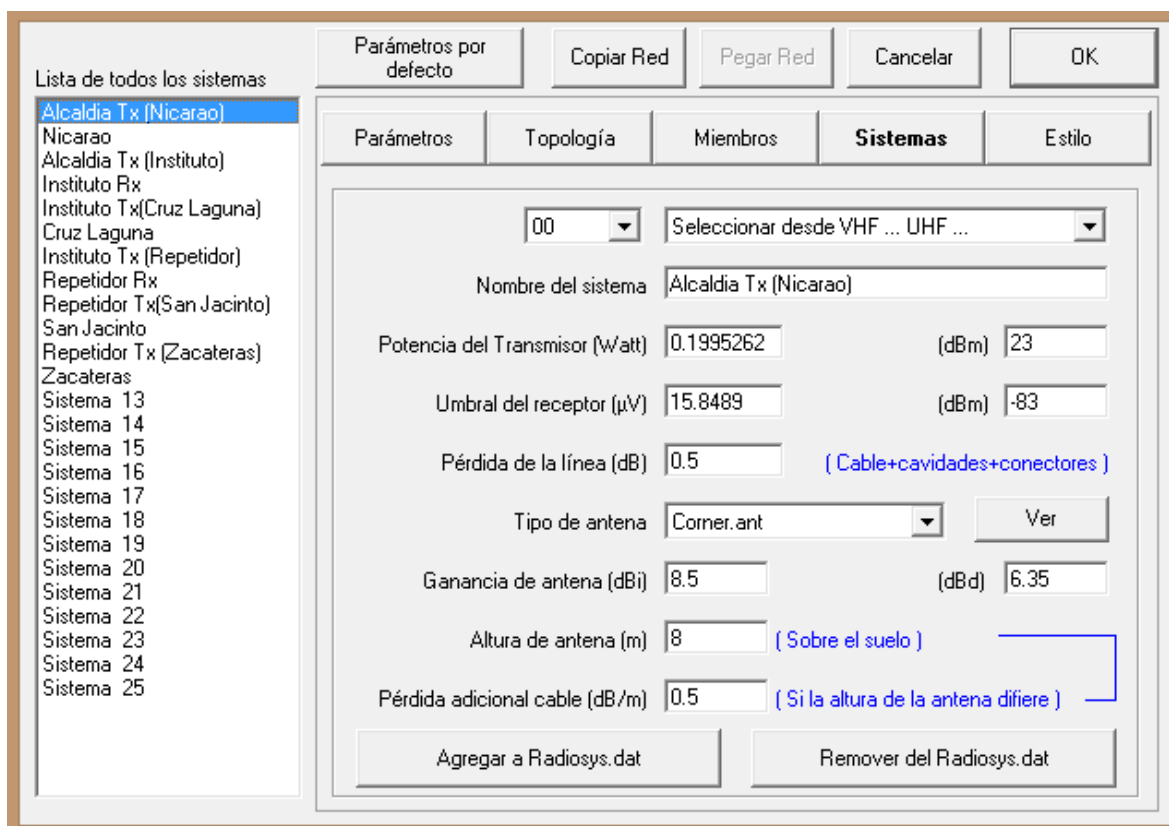
Figura 4.9 Miembros pertenecientes al vano 3 del radioenlace.

Se ingresó en radio mobile las características técnicas del sistema de los equipos de la empresa Ubiquiti tanto del Nanostation M2 (ver figura 4.11) así como las del Nanostation Loco M2 (ver figura 4.10).

Haciendo múltiples pruebas en la simulación, se obtuvo que para tres de los seis vanos los cuales son de longitud corta y cuyas estaciones están ubicadas en la parte urbana, se hará uso del Loco M2 y en los otros tres vanos del M2 ya que son de mayor longitud y el trayecto es en zona rural. Teniendo un total de 12 equipos de radios necesarios para crear el radioenlace. Ver Tabla 4.1 y Figura 4.5.

**Tabla 4.1 Determinación de los equipos de radio a utilizar.**

Vano Transmisor ➔ Receptor	Transmisor	Altura del Tx en la torre	Receptor	Altura del Rx en la torre
<b>Alcaldía-Nicarao</b>	Loco M2	8 metros	Loco M2	6 metros
<b>Alcaldía-Instituto</b>	Loco M2	9 metros	Loco M2	14 metros
<b>Instituto-Cruz Laguna</b>	NanostationM2	12 metros	NanostationM2	9 metros
<b>Instituto-Repetidor</b>	NanostationM2	21 metros	NanostationM2	15 metros
<b>Repetidor-San Jacinto</b>	NanostationM2	20 metros	NanostationM2	12 metros
<b>Repetidor-Zacateras</b>	NanostationM2	12 metros	NanostationM2	8 metros



Lista de todos los sistemas

- Alcaldia Tx (Nicarao)
- Nicarao
- Alcaldia Tx (Instituto)
- Instituto Rx
- Instituto Tx(Cruz Laguna)
- Cruz Laguna
- Instituto Tx (Repetidor)
- Repetidor Rx
- Repetidor Tx(San Jacinto)
- San Jacinto
- Repetidor Tx (Zacateras)
- Zacateras
- Sistema 13
- Sistema 14
- Sistema 15
- Sistema 16
- Sistema 17
- Sistema 18
- Sistema 19
- Sistema 20
- Sistema 21
- Sistema 22
- Sistema 23
- Sistema 24
- Sistema 25

Parámetros por defecto Copiar Red Pegar Red Cancelar OK

Parámetros Topología Miembros **Sistemas** Estilo

00 Seleccionar desde VHF ... UHF ...

Nombre del sistema Alcaldia Tx (Nicarao)

Potencia del Transmisor (watt) 0.1995262 (dBm) 23

Umbral del receptor (µV) 15.8489 (dBm) -83

Pérdida de la línea (dB) 0.5 ( Cable+cavidades+conectores )

Tipo de antena Corner.ant Ver

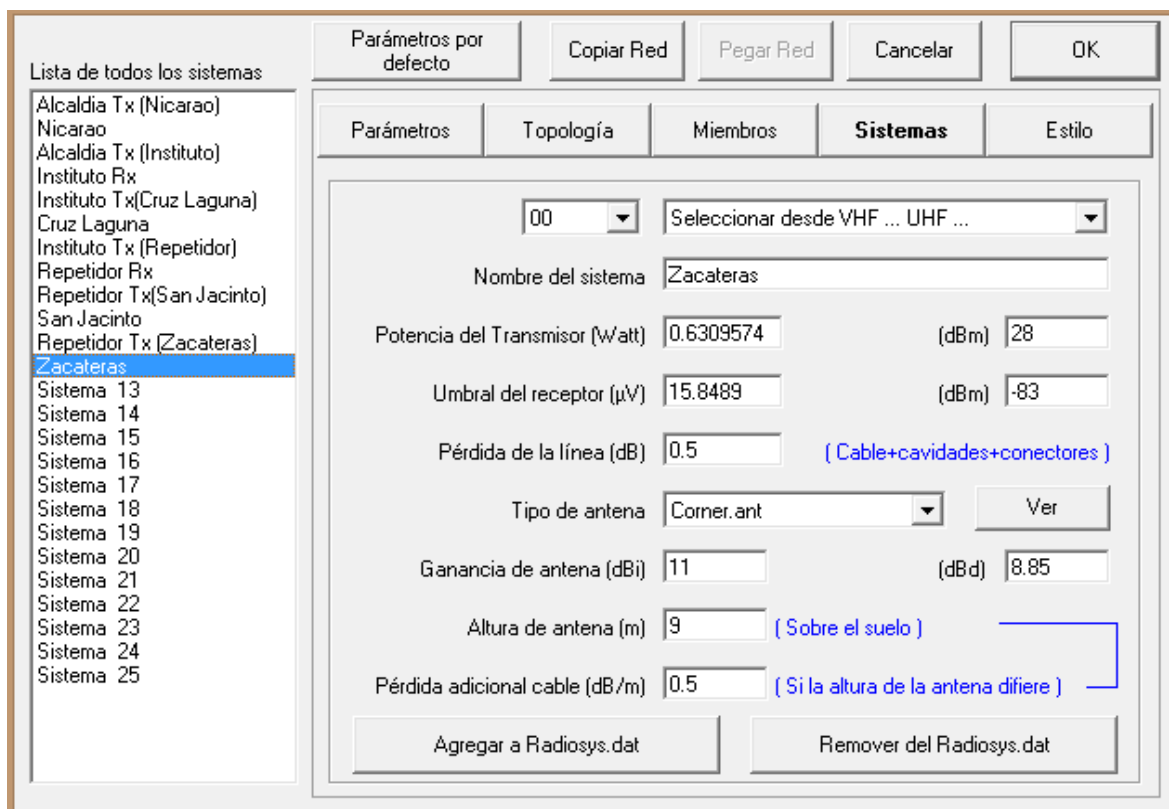
Ganancia de antena (dBi) 8.5 (dBd) 6.35

Altura de antena (m) 8 ( Sobre el suelo )

Pérdida adicional cable (dB/m) 0.5 ( Si la altura de la antena difiere )

Agregar a Radiosys.dat Remover del Radiosys.dat

**Figura 4.10 Ingreso de las características del Loco M2 en radio mobile.**



Lista de todos los sistemas

- Alcaldia Tx (Nicarao)
- Nicarao
- Alcaldia Tx (Instituto)
- Instituto Rx
- Instituto Tx(Cruz Laguna)
- Cruz Laguna
- Instituto Tx (Repetidor)
- Repetidor Rx
- Repetidor Tx(San Jacinto)
- San Jacinto
- Repetidor Tx (Zacateras)
- Zacateras
- Sistema 13
- Sistema 14
- Sistema 15
- Sistema 16
- Sistema 17
- Sistema 18
- Sistema 19
- Sistema 20
- Sistema 21
- Sistema 22
- Sistema 23
- Sistema 24
- Sistema 25

Parámetros por defecto Copiar Red Pegar Red Cancelar OK

Parámetros Topología Miembros **Sistemas** Estilo

00 Seleccionar desde VHF ... UHF ...

Nombre del sistema Zacateras

Potencia del Transmisor (watt) 0.6309574 (dBm) 28

Umbral del receptor (µV) 15.8489 (dBm) -83

Pérdida de la línea (dB) 0.5 ( Cable+cavidades+conectores )

Tipo de antena Corner.ant Ver

Ganancia de antena (dBi) 11 (dBd) 8.85

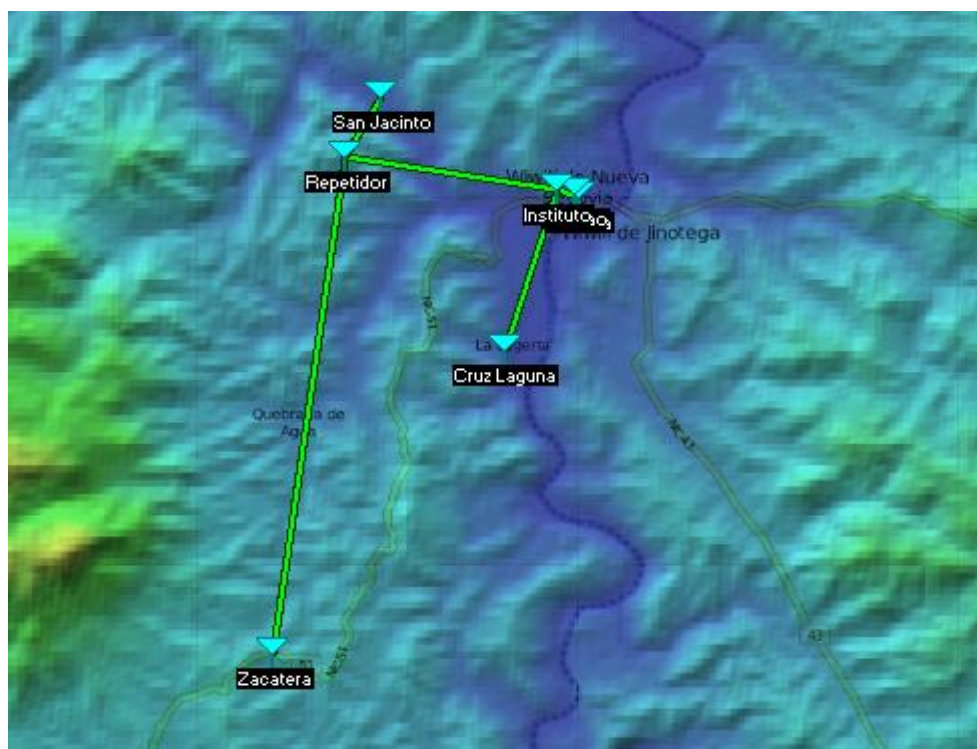
Altura de antena (m) 9 ( Sobre el suelo )

Pérdida adicional cable (dB/m) 0.5 ( Si la altura de la antena difiere )

Agregar a Radiosys.dat Remover del Radiosys.dat

**Figura 4.11 Ingreso de las características del Nanostation M2 en radio mobile.**

Finalmente se logró conectar las cinco escuelas. ( ver figura 4.12 y 4.13 )

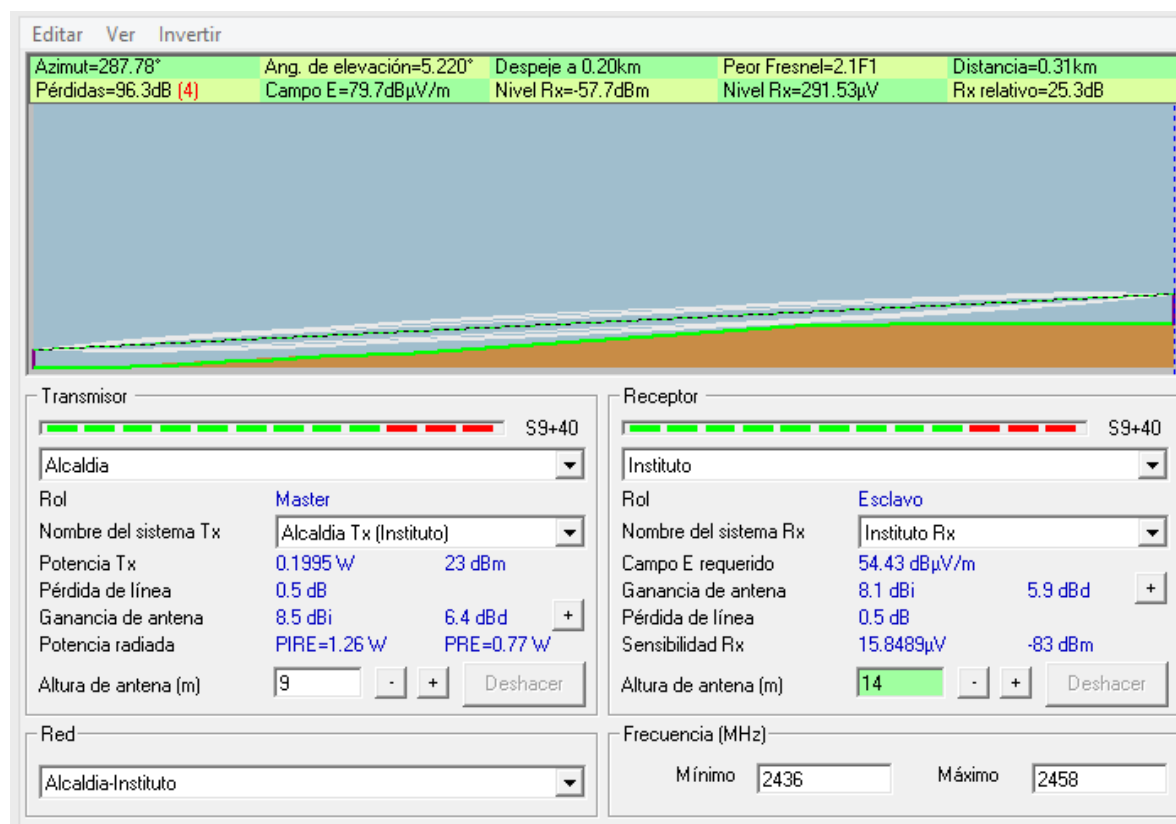


**Figura 4.12 Todos los puntos del radioenlace conectados.**

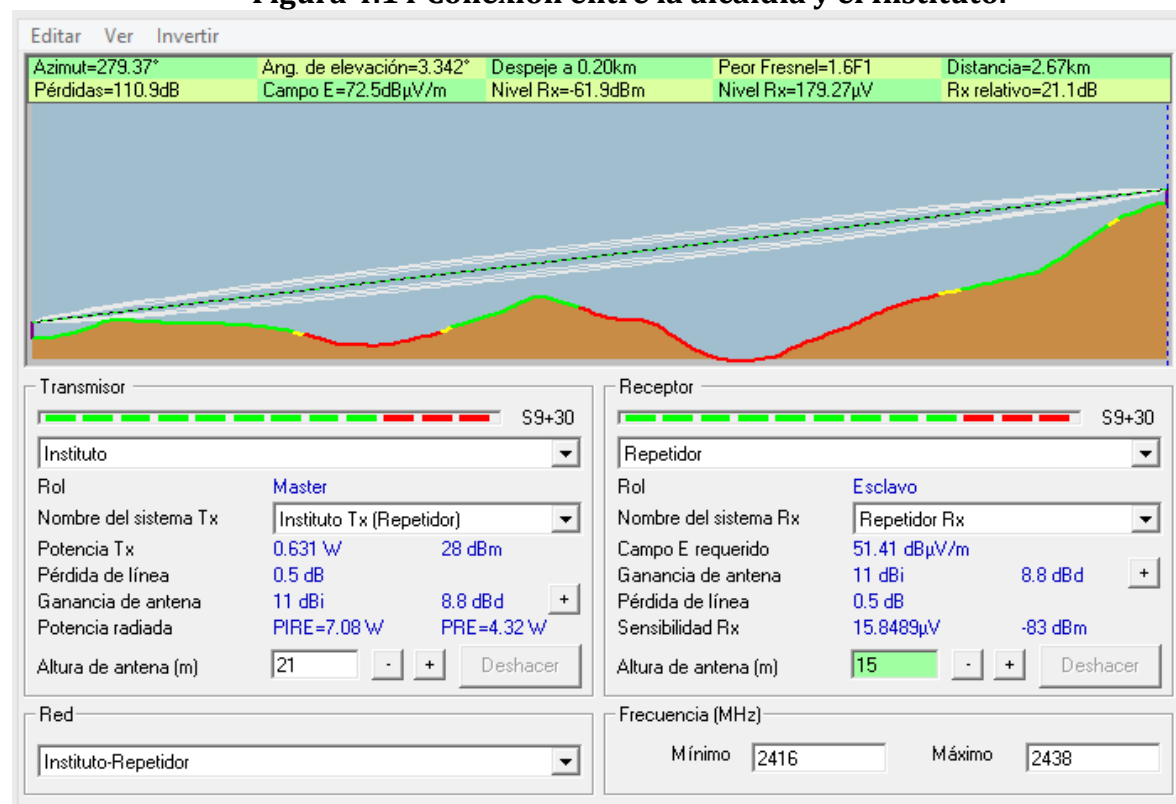


**Figura 4.13 Vista del radioenlace en Google Earth.**

A continuación se muestran imágenes del perfil ingenieril correspondientes a cada vano, en los que se logra apreciar el correcto enlace de las estaciones, además se observa que el nivel de la señal está por debajo del umbral de recepción y que existe LOS entre las estaciones. (Ver figuras 4.14, 4.15, 4.16, 4.17, 4.18, 4.19)

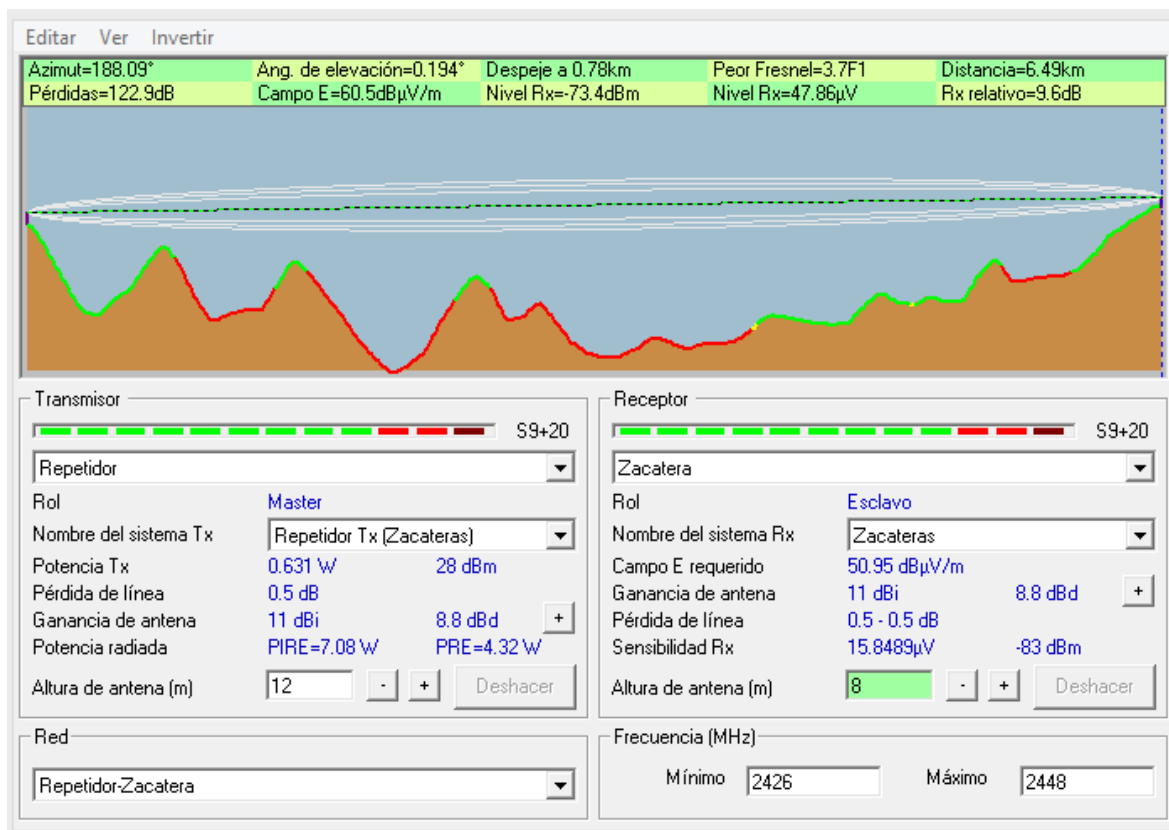


**Figura 4.14 Conexión entre la alcaldía y el Instituto.**

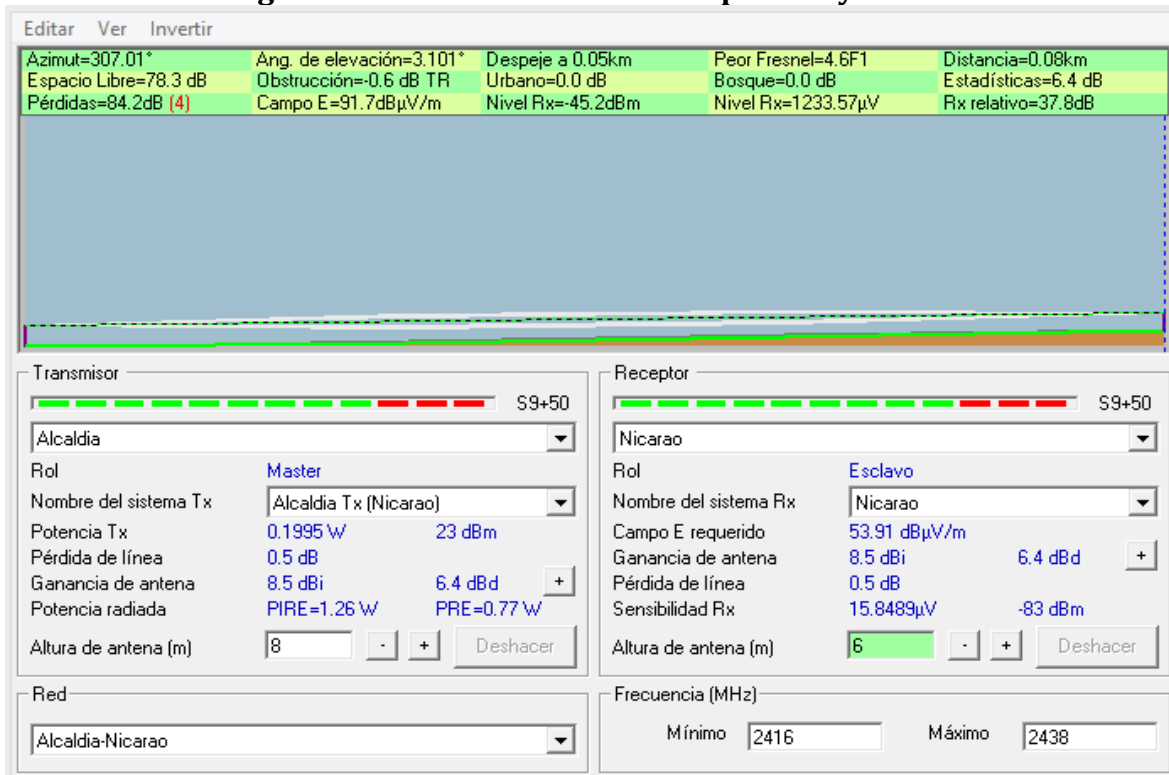


**Figura 4.15 Conexión entre Instituto y el Repetidor.**

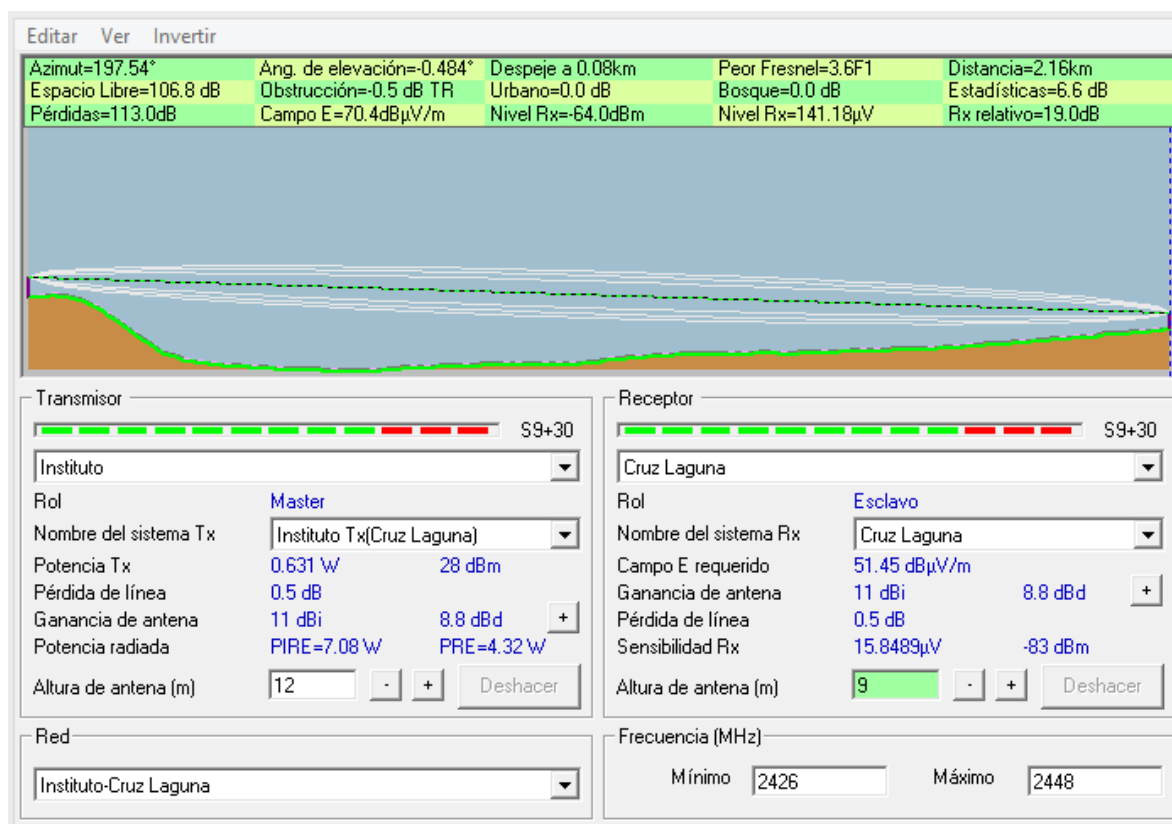




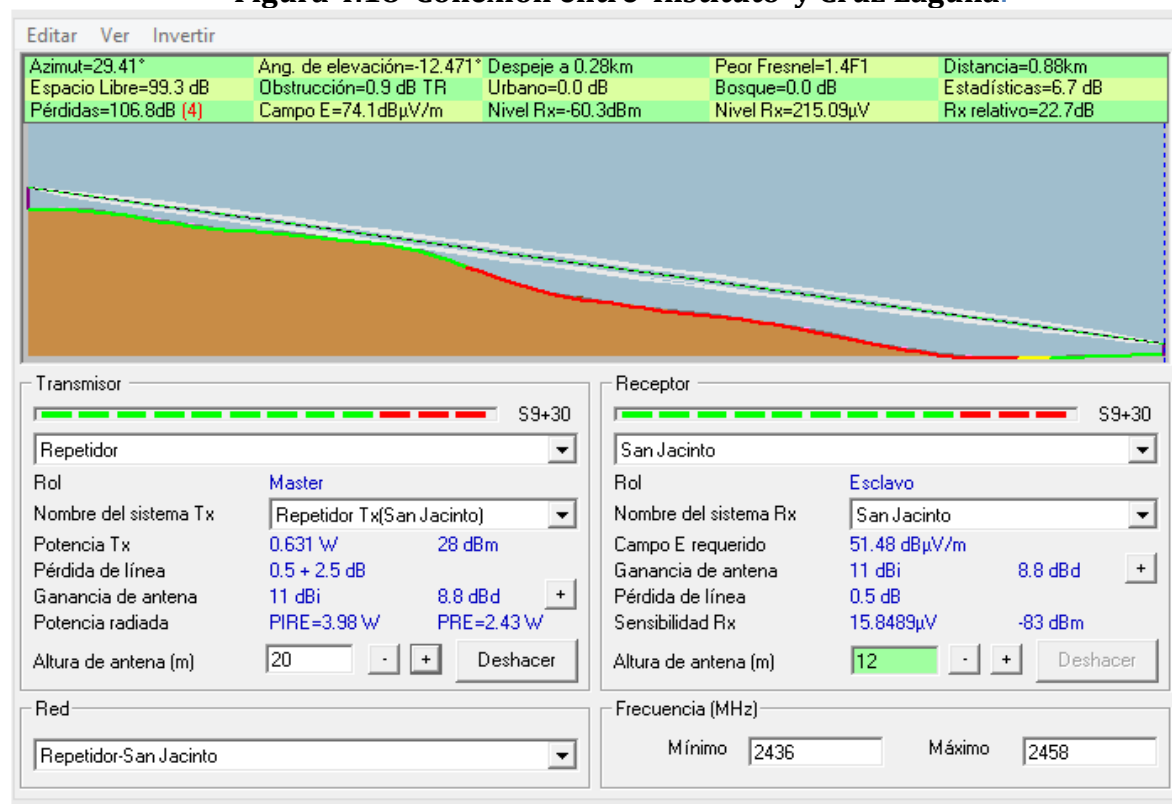
**Figura 4.16 Conexión entre el Repetidor y Zacatera.**



**Figura 4.17 Conexión entre la alcaldía y Nicaragua.**



**Figura 4.18 Conexión entre Instituto y Cruz Laguna.**



**Figura 4.19 Conexión entre Repetidor y San Jacinto**



### 4.2.1 Cálculos del vano 6 correspondiente al Repetidor y Zacateras

#### Zona de Fresnel

Mediante la figura 4.20 se representara las condiciones del trayecto en el cual el repetidor actúa como estación transmisora y Zacateras como receptor, para ello se toma como referencia el posible obstáculo de mayor altura que presenta dicho trayecto.

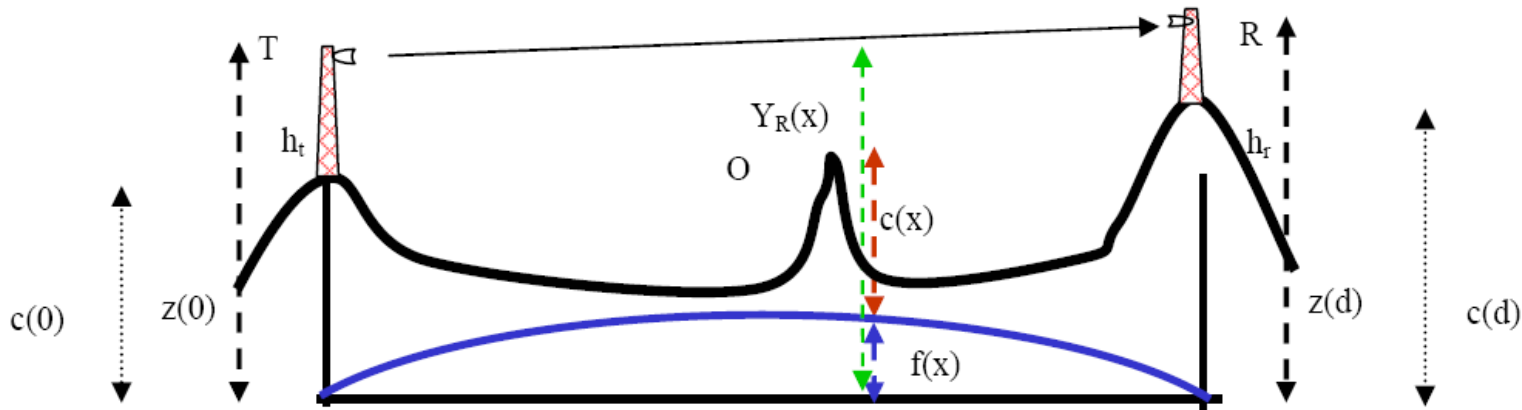


Figura 4.20 Análisis del peor obstáculo en el vano 6.

Donde:

$C(0)$ = altura de la superficie en la que está ubicado la torre del transmisor.

$h_t$ = altura de la torre trasmisora.

$Z(0)$ = altura total en la que estará colocado el equipo transmisor.

$F(x)$ = protuberancia de la tierra

$C(x)$ = Altura del obstáculo sobre el nivel del mar

$Y_r(x)$ = altura del rayo sobre la base

$C(0)$ = altura de la superficie en la que está ubicado la torre del receptor

$h_r$ = altura de la torre receptora

$Z(0)$ = altura total en la que estará colocado el equipo receptor

$X$ = distancia del transmisor al obstáculo

$D$ = distancia total entre en vano.

$Z(x)$ = altura respecto al obstáculo a tierra plana

$$Z_0 = C_0 + h_t = 499 \text{ mts}$$

$$C_0 = 484 \text{ mts}$$

$$h_t = 15 \text{ mts}$$

$$C_x = 468 \text{ mts}$$

$$x = 0.83 \text{ km}$$

$$d = 6.47 \text{ km}$$

$$Z_d = C_d + h_r = 519 \text{ mts}$$

$$C_d = 510 \text{ mts}$$

$$h_r = 9 \text{ mts}$$

La protuberancia o curvatura de la tierra está dada por la ecuación:

$$f_{(x)} = \frac{x(d-x)}{2kR_0} \quad 4.1$$

$$R_0 = 6370 \text{ Km}$$

Donde  $R_0$  es el radio de la tierra y equivale a:

Y  $k$  es el factor de radio efectivo y se calcula de la siguiente manera:

$$k = \frac{157}{157 + \Delta N} \quad 4.2$$

En la cual  $\Delta N$  es la variación de la refractividad ( $N$ )

$$\Delta N = \frac{\partial N}{\partial H} \sim -\frac{N_s}{H} \quad 4.3$$

$N \sim N_s$

Según la ITU-R P.453,  $N$  puede modelarse en función de  $p$  (mbar), Presión del vapor de agua  $e$  (mbar) y Temperatura absoluta  $T$  (K°) como:

$$N = \frac{77.6}{T} \left( p + \frac{4810e}{T} \right) \quad 4.4$$

La recomendación ITU-R P.453 brinda los datos de abajo como una referencia, en condiciones normales en la superficie, con lo cual obtenemos:

$p=1013\text{mb}$

$e=10.2\text{mb}$

$T=290\text{K}^\circ$

$$N = \frac{77.6}{290} \left( 1013 + \frac{4810 \times 10.2}{290} \right) \approx 316$$

De la recomendación ITU-R P.453 se establece valores estándares de referencia:  $N_s \approx 315$ , y una altura de referencia estándar,  $H=7.35\text{Km}$

$$\Delta N = \frac{\partial N}{\partial H} \sim -\frac{N_s}{H}$$

$$\Delta N = \frac{-316}{7.35} \quad \Delta N = -42.99$$

$$k = \frac{157}{157 + \Delta N}$$

$$k = \frac{157}{157 + (-42.99)}$$

$$k = 1.37$$

Sustituyendo los valores en la ecuación 4.1.

$$f(x) = \frac{0.83(6.47 - 0.83)}{2(1.37)(6370)} = 2.68 \times 10^{-4} = 0.268 \text{ mts}$$

Por lo que la altura efectiva del obstáculo respecto a tierra plana  $Z(x)$  será:

$$z(x) = c(x) + f(x) = 468m + 0.268 = 468.268m \quad 4.5$$

Calculamos el radio de la primera zona de Fresnel ( $R_1$ ) :

$$R_1 = 548 \sqrt{\frac{d_1 d_2}{f(d_1 + d_2)}} \quad 4.6 \longrightarrow \begin{matrix} R_1 (m) \\ f (MHz) \\ d_1, d_2 (Km) \end{matrix}$$

$d_1$ : Distancia física entre las posiciones proyectadas de la antena transmisora y el centro del obstáculo sobre la línea de la superficie terrestre

$d_2$ : Distancia física entre las posiciones proyectadas del centro del obstáculo y la antena receptora sobre la línea de la superficie terrestre

$f$ : frecuencia de operación del radioenlace

$$R_1 = 548 \sqrt{\frac{(0.83)(5.64)}{2400(0.83 + 5.64)}}$$

$$R_1 = 9.51 \text{ mts}$$

La altura del rayo está dada por:

$$\frac{Y_{R(x)} - Z_{(0)}}{x} = \frac{Z_{(d)} - Z_{(0)}}{d} \quad 4.7 \longrightarrow Y_{R(x)} = Z_{(0)} + \frac{x}{d} (Z_{(d)} - Z_{(0)})$$

$$Y_{R(x)} = 499 + \frac{0.83}{6.47} (519 - 499)$$

$$Y_{R(x)} = 501.5m$$

Despejamiento en la primera zona de Fresnel

$$h_{(x)} = Y_{R(x)} - Z_{(x)} \quad \mathbf{4.8}$$

$$h_{(x)} = 501.5 - 468.268$$

$$h_{(x)} = 33.23 \text{ m}$$

$$\left| \frac{h_{(x)}}{R_{1(x)}} \right| = \left| \frac{33.23}{9.51} \right| = 3.49 \times 100\% = 349\%$$

349% >> 60% Hay total línea de vista por lo cual no consideramos las pérdidas por difracción.

### **Pérdidas por propagación**

$$L_b = L_{bf} + L_g \quad \mathbf{4.9}$$

*L<sub>bf</sub> = pérdidas de propagación en espacio libre*

*L<sub>g</sub> = pérdidas por gases*

Según la ecuación de friss

$$L_{bf} = 92.5 + 20 \log_{10} f \text{ (Ghz)} + 20 \log_{10} d \text{ (Km)} \quad \mathbf{4.10}$$

$$L_{bf} = 92.5 + 20 \log_{10} (2.4) + 20 \log_{10} (6.47)$$

$$L_{bf} = 116.322 \text{ db}$$

Las pérdidas por gases se obtienen mediante la siguiente ecuación

$$L_g = (\gamma_0 + \gamma_w) d \quad \mathbf{4.11}$$

y Según la curva de atenuación gaseosa se obtiene que para una frecuencia de  $f=2.4\text{Ghz}$

$$\gamma_0 + \gamma_w = 0.007 \text{ db/Km}$$

$$L_g = (0.007)(6.47)$$

$$L_g = 0.04529 \text{ db}$$

Ya con todos los resultados de las distintas pérdidas y retomando la ecuación 4.9 podemos calcular las pérdidas totales del radioenlace.

$$L_b = L_{bf} + L_g$$

$$L_b = 116.322 + 0.04529 + 0.9705$$

$$L_b = 117.33 \text{ db}$$

### Margen bruto de desvanecimiento

$$M_3 = C - Th \quad 4.12$$

$C$  = Potencia que llega al receptor

$$C = P_t - L_{tt} + G_t - L_b + G_r - L_{tr} \quad 4.13$$

**$P_t$** =potencia de transmisor que equivale (28 dbm.)

**$L_{tt}$** = pérdidas de la línea de transmisión. En este caso es el cable utp para la cual se atenúan 13 db por cada 100 metros a una velocidad de transmisión de 4 Mbps, tomares el valor de 1.5 db para una distancia promedio 12 metros.

**$G_t$** = Ganancia de la antena transmisora (11 db).

**$L_b$** = pérdidas por propagación (117.33 db)

**$G_r$** = ganancia de la antena receptora (11 db)

**$L_{tr}$** = pérdidas de la línea transmisión (1.5 db)

$$C = 28 \text{ dbm} - 1.5 \text{ db} + 11 \text{ db} - 117.33 \text{ db} + 11 \text{ db} - 1.5 \text{ db}$$

$$C = -70.33 \text{ dbm}$$

$$M_3 = -70.33 \text{ dbm} - (-83 \text{ dbm})$$

$$M_3 = 12.67 \text{ dbm}$$

### Calidad de disponibilidad

$$U_T = U_E + U_P \quad 4.14$$

$U_E$  = indisponibilidad de los equipos.

$U_P$  = Indisponibilidad de propagación.

Para los dispositivos Ubiquiti se obtiene un MTBF de dos años y medio aproximadamente, y un MTTR de por lo menos 24 horas. [12]

**Tabla 4.2 MTTR y MTBF recuperación de los equipos Ubiquiti**

Descripción	MTTR Hora	MTBF Hora
Equipo Tx	MTTR Tx 24	MTBF Tx 21,900
Equipo Rx	MTTR Rx 24	MTBF Rx 21,900

$$U_E = \frac{MTTR_{TX}}{MTBF_{TX}} + \frac{MTTR_{RX}}{MTBF_{RX}} \quad 4.15$$

$$U_E = \left( \frac{24}{21900} + \frac{24}{21900} \right) \times 100\%$$

$$U_E = 0.2191 \%$$

Como la indisponibilidad de los equipos es muy alta decidimos utilizar enlace redundante de la forma 1 + 1 para bajar la indisponibilidad y tener una mejor calidad del radioenlace.

$$U_{E \text{ redundante}} = \frac{N+1}{2} * U_E^2 = \frac{1+1}{2} * (0.002191)^2 = 4.804 \times 10^{-6} \quad 4.16$$

$$U_{E \text{ redundante}} \% = U_{E \text{ redundante}} * 100 = 4.804 \times 10^{-4} \%$$

Indisponibilidad del radioenlace para propagación:

$$U_p = P$$

*Se iguala M3 con la atenuación excedida por lluvia*

$$M_3 = 0.12 A_{0.01} P^{-(0.546+0.043 \log P)} \quad \mathbf{4.17}$$

Se calcula  $A_{0.01}$

$$A_{0.01} = \gamma_R d_{\text{eff}}(\text{km}) \quad \mathbf{4.18}$$

$$\gamma_R = k R^\alpha \quad \mathbf{4.19}$$

Según el mapa de precipitación Nicaragua se encuentra en la región P el valor de R para un porcentaje de tiempo 0.01

$$R = 145$$

*Según Rec ITU-R P838-3; para una polarización vertical los valores de  $k_v$  y  $\alpha_v$*

$$k_v = 0.0001464$$

$$\alpha_v = 1.0085$$

$$\gamma_R = (0.0001464)145^{1.0085}$$

$$\gamma_R = 0.0221$$

Formulas tomadas del libro transmisiones de radio capítulo 5.18

$$d_{\text{eff}} = \frac{d}{1 + \frac{d}{d_0}} \quad \mathbf{4.20}$$

$$d_0 = 35e^{-(0.015 R_{0.01})} \quad \mathbf{4.21}$$

$$d_0 = 35e^{-(0.015 \times 145)} = 3.9762 \text{ km}$$

$$d_{\text{eff}} = \frac{6.47}{1 + \frac{6.47}{3.9762}} = 2.37 \text{ km}$$

$$A_{0.01} = (0.0221)(2.37) = 0.0523$$

$$M_3 = (0.12)(0.0523)P^{-(0.546+0.043 \log P)}$$

$$\frac{12.67}{(0.12)(0.0523)} = P^{-(0.546+0.043 \log P)}$$

$$\log \frac{12.67}{(0.12)(0.0523)} = -0.546 \log P - 0.043 \log P^2$$

$$0.043 \log P^2 + 0.546 \log P + 3.30$$

$$\log P = -6.3488$$

$$P = 10^{-6.3488} = 0.0000447\% = U_P$$

$$U_T = U_{E \text{ redundante}} + U_P$$

$$U_T = 4.804 \times 10^{-4}\% + 0.0000447\% = 0.000525\%$$

Según ITU el valor de indisponibilidad máxima de hasta 280k

$$ITU = 0.0336\%$$

Por lo cual cumple con los criterios y es un radioenlace de calidad

### **Fidelidad**

Para determinar la calidad de fidelidad del radioenlace, o interrupción total por desvanecimiento se hará uso de la siguiente ecuación.

$$P_{TT} = P_{TP} + P_{TS} \quad \mathbf{4.22}$$

Donde:	$P_{TP}$	=	Desvanecimiento plano.
	$P_{TS}$	=	Desvanecimiento selectivo.
	$P_{TT}$	=	Desvanecimiento Total.

El cálculo de  $P_{TP}$  depende del Factor de aparición del desvanecimiento ( $P_o$ ) y del margen bruto de desvanecimiento ( $M_3$ ).

$$P_{TP} = P_o 10^{\frac{M_3}{10}} \times 100\% \quad \mathbf{4.23}$$

Para obtener el valor de  $P_o$  se utilizara el método de Mojoli, el cual indica que

$$P_o = 0.3 a b (f/4) (d/3)^3 \quad \mathbf{4.24} \quad \text{Donde:}$$

- **f** es frecuencia en GHz
  - **d** es la longitud del enlace en Km
  - **a** es un parámetro descriptivo del clima.  $a \in [0.25, 4]$ .
- 1) *Climas templados* **a=1**



- 2) *Climas secos y montañosos,  $a=0.25$*
  - 3) *Climas húmedos o que presentan variaciones térmicas intensas (ej: desiertos),  $a=4$*
- **b** parámetro que incluye la influencia del terreno. Se calcula como:
 
$$b = \left( \frac{s}{15} \right)^{-1.3}$$
  - **S** es el coeficiente de rugosidad del terreno en metros. Desviación típica de las alturas del perfil topográfico, sobre el nivel del mar tomando muestras cada 1 km excluyendo los extremos.

En este caso tomaremos un valor de  $a=0.25$  y el promedio de la altura del terreno S en el trayecto del radioenlace tomando muestras cada 1 km. es de  $(409 + 358 + 400 + 376 + 415)/5 = 391$  metros.

Por lo que  $P_0$  y  $P_{TP}$  serán:

$$b = \left( \frac{391}{15} \right)^{-1.3} = 0.0144$$

$$P_0 = (0.3) (0.25) (0.0144) \left( \frac{2.4}{4} \right) \left( \frac{6.47}{3} \right)^3$$

$$P_0 = 6.5 \times 10^{-3}$$

$$P_{TP} = (6.5 \times 10^{-3}) \times 10^{-\frac{12.67}{10}} \times 100 \% = 0.035$$

Para encontrar el desvanecimiento selectivo se hará uso de la expresión de mojoro en la cual indica:

$$P_{TS} = 4.32 n k \left( \frac{\tau m^2}{\tau s^2} \right) \quad \mathbf{4.25}$$

Donde:

- ❖ El Factor de actividad multitrayecto (n) se define como. **(4.26)**  $\eta = 1 - \exp(-0.2 \cdot P_0^{0.75})$
- ❖ K es la Signatura normalizada, constante que depende de la signatura del receptor para la cual existen valores típicos con y sin ecualización según el esquema de modulación.(ver tabla 4.3)
- ❖

**Tabla 4.3 Signatura de algunos esquemas de modulación.**

Método de Modulación	K: signatura BER= $10^{-3}$ no ecualizada	
<b>64 QAM</b>	15.4	0.4
<b>16 QAM</b>	5.5	0.3
<b>4PSK</b>	1	0.2

❖  $T_m$  es el valor medio del retardo, expresado como (4.27)  $T_m = (0.7) (d/50)^{1.3}$  con  $d$  en **km** y  $T_m$  en **ns**.

❖  $T_s$  es el periodo de símbolo expresado en **ns**, el cual está dado por (4.28)  $T_s = \frac{\log_2 M}{R_b}$  Siendo  $R_b$  la velocidad de transmisión y  $M$  el M-ary del esquema de modulación.

Entonces se obtiene los valores siguientes:

$$n = 1 - e^{-0.2P_0^{0.75}} \quad n = 1 - e^{-0.2(6.5 \times 10^{-3})^{0.75}} = 4.56 \times 10^{-3}$$

$$\tau_m = 0.7 \left( \frac{6.47}{50} \right)^{1.3} = 0.049$$

$$\tau_s = \frac{\log_2 16}{29} = 137.9 \text{ ns}$$

$$K = 5.5$$

$$P_{TS} = 4.32 (4.56 \times 10^{-3})(5.5) \left( \frac{0.049^2}{137.9^2} \right) = 1.3 \times 10^{-8}$$

$$P_{TT} = P_{TP} + P_{TS} = 0.035 + 0.00000013\% = 0.11400013\%$$

A continuación se detallan los valores encontrados para las cinco vanos faltantes.  
(Ver tabla 4.4)

#### 4.2.2 Parámetros de calidad de cada vano del radioenlace.

Tabla 4.4 Parámetros de calidad de cada vano del radioenlace.

Descripción	Valor	Localidad (vano)
<b>Zona de Fresnel</b>	400% total línea de vista	Alcaldía-Nicarao
<b>Perdidas de propagación</b>	82.3 dB	Alcaldía-Nicarao
<b>Margen bruto de desvanecimiento</b>	40.9 dB	Alcaldía-Nicarao
<b>Valor de indisponibilidad</b>	0.2795 % no cumple los criterios de la ITU	Alcaldía-Nicarao
<b>Fidelidad</b>	0.01969 % cumple con los criterios de la ITU	Alcaldía-Nicarao
<b>Zona de Fresnel</b>	455 % total línea de vista	Alcaldía-Instituto
<b>Perdidas de propagación</b>	99.3 dB	Alcaldía-Instituto
<b>Margen bruto de desvanecimiento</b>	28.37 dB	Alcaldía-Instituto
<b>Valor de indisponibilidad</b>	0.247% no cumple los criterios de la ITU	Alcaldía-Instituto
<b>Fidelidad</b>	0.02937% cumple con los criterios de la ITU	Alcaldía-Instituto
<b>Zona de Fresnel</b>	380 % total línea de vista	Instituto-Cruz Laguna
<b>Perdidas de propagación</b>	135 dB	Instituto-Cruz Laguna
<b>Margen bruto de desvanecimiento</b>	9.2 dB	Instituto-Cruz Laguna
<b>Valor de indisponibilidad</b>	0.2805 %no cumple los criterios de la ITU	Instituto-Cruz Laguna
<b>Fidelidad</b>	0.0845% no cumple con los criterios de la ITU	Instituto-Cruz Laguna
<b>Zona de Fresnel</b>	155 % total línea de vista	Instituto-Repetidor
<b>Perdidas de propagación</b>	114.98 dB	Instituto-Repetidor
<b>Margen bruto de desvanecimiento</b>	24 dB	Instituto-Repetidor
<b>Valor de indisponibilidad</b>	0.2982 % no cumple con los criterios de la ITU	Instituto-Repetidor
<b>Fidelidad</b>	0.1591% no cumple con los criterios de la ITU	Instituto-Repetidor

Descripción	Valor	Localidad (vano)
<b>Zona de Fresnel</b>	349 %	Repetidor- Zacateras
<b>Perdidas de propagación</b>	117.33 dB	Repetidor- Zacateras
<b>Margen bruto de desvanecimiento</b>	12.67	Repetidor- Zacateras
<b>Valor de indisponibilidad</b>	0.000525 % cumple con los criterios de la ITU	Repetidor- Zacateras
<b>Fidelidad</b>	0.11400013% no cumple con los criterios de la ITU	Repetidor- Zacateras
<b>Zona de Fresnel</b>	72 % línea de vista	Repetidor- San Jacinto
<b>Perdidas de propagación</b>	104.1 dB	Repetidor- San Jacinto
<b>Margen bruto de desvanecimiento</b>	23.1 dB	Repetidor- San Jacinto
<b>Valor de indisponibilidad</b>	0.000283 % cumple con los criterios de la ITU	Repetidor- San Jacinto
<b>Fidelidad</b>	0.1150843% no cumple con los criterios de la ITU	Repetidor- San Jacinto

## CAPÍTULO V.

Presentación del presupuesto por cada vano del radioenlace y la viabilidad del proyecto para la comunidad estudiantil.

## 5.1 Presupuesto por escuela para la implementación de los laboratorios de cómputo

El presupuesto se realizó de forma detallada por cada estación o escuelas como se muestra en las siguientes tablas. (ver tablas 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8).

### 5.1.1 Escuela Nicaragua

**Tabla 5.1 Presupuesto para la Nicaragua**

Equipos	Cantidad	Costo
Computadoras	15	\$4860
Antena y Transmisor	1	\$61
Cable UTP	30 mts	\$12
Terminales RJ45	30	\$9.9
Estabilizadores(ups)	4	\$312
Puestos de trabajos o escritorios	15	\$456
Sillas	17	\$531
Switch	1	\$58
Torre arriostrada	1	\$434
Proyector	1	\$603
Mano de obra	1	\$2881
Supresores de picos eléctricos	1	\$21
Supresores de picos para radio	1	\$19
<b>Total</b>		<b>\$10024.</b>

### 5.1.2 Escuela del Instituto:

**Tabla 5.2 Presupuesto para el Instituto.**

<b>Equipos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo</b>
<b>Computadoras</b>	15	\$4860
<b>Antena y Transmisor</b>	3	\$232
<b>Cable UTP</b>	42 mts	\$16.8
<b>Terminales RJ45</b>	40	\$13.2
<b>Estabilizadores(ups)</b>	4	\$312
<b>Puestos de trabajos o escritorios</b>	15	\$456
<b>Sillas</b>	17	\$526
<b>Switch</b>	1	\$58
<b>Torre arriostrada</b>	1	\$725
<b>Proyector</b>	1	\$603
<b>Mano de obra</b>	1	\$3136
<b>Supresores de picos eléctricos</b>	1	\$21
<b>Supresores de picos para radio</b>	1	\$19
<b>Total</b>		\$10978

### 5.1.3 Escuela de San Jacinto

**Tabla 5.3 Presupuesto para San Jacinto.**

<b>Equipos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo</b>
<b>Computadoras</b>	10	\$3250
<b>Antena y Transmisor</b>	2	\$220
<b>Cable UTP</b>	30 mts	\$12
<b>Terminales RJ45</b>	30	\$10
<b>Estabilizadores(ups)</b>	4	\$312
<b>Puestos de trabajos o escritorios</b>	10	\$305
<b>Sillas</b>	12	\$ 532
<b>Switch</b>	1	\$58
<b>Torre arriostrada</b>	1	\$435
<b>Proyector</b>	1	\$603
<b>Mano de obra</b>	1	\$2398
<b>Supresores de picos eléctricos</b>	1	\$21
<b>Supresores de picos para radio</b>	1	\$19
<b>Total</b>		\$8175



### 5.1.4 Escuela de Cruz Laguna

**Tabla 5.4 Presupuesto para Cruz Laguna.**

<b>Equipos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo</b>
<b>Computadoras</b>	10	\$3250
<b>Antena y Transmisor</b>	1	\$110
<b>Cable UTP</b>	33 mts	\$13.2
<b>Terminales RJ45</b>	30	\$10
<b>Estabilizadores(ups)</b>	4	\$312
<b>Puestos de trabajos o escritorios</b>	6	\$305
<b>Sillas</b>	12	\$354
<b>Switch</b>	1	\$58
<b>Torre arriostrada</b>	1	\$435
<b>Proyector</b>	1	\$603
<b>Mano de obra</b>	1	\$2398
<b>Supresores de picos eléctricos</b>	1	\$21
<b>Cables y tensores para torre</b>		
<b>Supresores de picos para radio</b>	1	\$19
<b>Total</b>		\$7666

### 5.1.5 Repetidor

**Tabla 5.5 Presupuesto para el Repetidor.**

<b>Equipos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo</b>
<b>Antena y Transmisor</b>	5	\$550
<b>Cable UTP</b>	13 mts	\$5.2
<b>Terminales RJ45</b>	10	\$3
<b>Estabilizadores(ups)</b>	1	\$78
<b>Panel solar</b>	1	\$225
<b>Inversor sunpower</b>	1	\$233
<b>Regulador de voltaje EGE MPPT</b>	1	\$127
<b>Torre arriestrada</b>	1	\$725
<b>Mano de obra</b>	1	\$798
<b>Supresores de picos eléctricos</b>	2	\$21
<b>Supresores de picos para radio</b>	1	\$19
<b>Total</b>		\$2784.2

### 5.1.6 Zacateras

Tabla 5.6 Presupuesto para Zacateras.

Equipos	Cantidad	Costo
Computadoras(Laptops)	10	\$3680
Antena y Transmisor	2	\$220
Cable UTP	35 mts	\$14
Terminales RJ45	30	\$9
Estabilizadores(ups)	4	\$312
Puestos de trabajos o escritorios	6	\$514
Sillas	12	\$425
modulo solar renesola 260w-30.5v	1	\$312
Generation spg-225ah 6v ciclo	1	\$240
regulador ege mppt 20 12v/24v	1	\$127
Switch	1	\$58
Torre arriostrada	1	\$435
Proyector	1	\$603
Mano de obra	1	\$2524
Supresores de picos eléctricos	1	\$21
Supresores de picos para radio	1	\$19
Total		\$8834

### 5.1.7 Alcaldía

Tabla 5.7 Presupuesto para la Alcaldía.

Equipos	Cantidad	Costo
Antena y Transmisor	2	\$122
Cable UTP	10 mts	\$4
Terminales RJ45	10	\$3
Estabilizadores(ups)	1	\$77
antena arriostrada	1	\$435
Supresores de picos eléctricos	1	\$21
Mano de obra	1	\$248
Supresores de picos para radio	1	\$19
Total		\$929

## 5.2 Presupuesto total haciendo la suma de todos los vanos:

Tabla 5.8 Presupuesto General.

Localidad	total
Nicarao	\$10024
Instituto	\$10978
San Jacinto	\$8175
Cruz Laguna	\$7666
Repetidor	\$2784.2
Alcaldía	\$929
Zacateras	\$9513
Total	\$50069.2

### 5.3 Análisis de la viabilidad y beneficios

La viabilidad de un proyecto de carácter social siendo este el caso, se mide a través de cuatro factores, la emergencia o necesidad de ejecución, los beneficiarios involucrados, el tipo de solución planteada y la sostenibilidad pos-implementación.

#### 5.3.1 Emergencia:

En Wiwilí municipio del departamento Nueva Segovia, existe muy poca incorporación de la tecnología y las telecomunicaciones los cuales son recursos muy importantes en el desarrollo de la educación y la sociedad en general. Los escolares de esa localidad que egresan de la educación primaria, carecen de conocimientos acerca de lo que es una computadora, sus dispositivos periféricos y del internet como fuente de información, siendo herramientas de vital importancia en la formación de un estudiante. Por ello surge la idea de crear laboratorios de cómputo con internet en cinco escuelas pertenecientes a la zona rural.

#### 5.3.2 Beneficiarios:

En una época en la que los adolescentes son nativos digitales, incorporar la tecnología a la educación aporta una serie de beneficios que ayudan a mejorar la eficiencia y la productividad en el aula, así como a aumentar el interés de los niños y adolescentes en las actividades académicas.

La inclusión de las TIC en el sector educativo del municipio de Wiwilí Nueva Segovia beneficiará **directamente** a 2045 estudiantes de primaria y secundaria pertenecientes a las cinco escuelas donde estarán ubicados los laboratorios. Además se verán beneficiados de manera **indirecta** los 4205 integrantes de la comunidad educativa del municipio ya que estos podrían llegar a realizar sus prácticas o investigaciones en algunos de esos 5 centros estudio. Pero no solo los estudiantes y maestros serán beneficiados sino que también los 16344 habitantes de Wiwilí debido a que los niños y adolescentes podrán compartir el aprendizaje e información que adquirirán.

Algunas ventajas y beneficios que se obtienen del uso de la tecnología y el internet en la educación son:

- ✓ Los profesores pueden beneficiarse mucho de los avances tecnológicos para hacer su trabajo más atractivo y para ser más eficientes.
- ✓ Promueve el aprendizaje independiente en los estudiantes.
- ✓ Alienta el desarrollo de nuevos métodos de enseñanza.
- ✓ Se utilizan diferentes medios: texto, imágenes, video, voz.
- ✓ Genera interacción entre los alumnos, lo que provoca trabajo en equipo, la colaboración y la comunicación.
- ✓ Desarrolla el pensamiento crítico.
- ✓ Facilita la labor docente.

- ✓ Estimula el desarrollo de destrezas sociales y cognitivas.
- ✓ La información puede ser encontrada las 24 horas del día y los 365 días del año.
- ✓ Mejora la capacidad de comprender y evaluar la información.
- ✓ Prepara a los estudiantes para el futuro.

### 5.3.3 Solución:

El proyecto consiste en una red conectada de forma inalámbrica utilizando el protocolo 802.11g (Wi-Fi) que trabaja a una frecuencia de 2.4GHz, la conexión se hará a través de un radioenlace multipunto partiendo de las instalaciones de la alcaldía hacia los cinco centros de estudios del municipio Wiwilí, quienes serán los puntos de acceso que permitirán conexión a Internet para una futura red LAN de 10 o 15 usuarios respectivamente.

La solución planteada ha sido desarrollada por profesionales formados en la Universidad Nacional de Ingeniería quienes realizaron el estudio necesario para determinar la cantidad y tipo de equipos técnicos que mejor se adecuaron a la situación y zona geográfica, además mediante dicho estudio se definieron los requerimientos de la red para cada laboratorio, así como los sistemas de protección para los dispositivos y la energía solar requerida, también se concretó la simulación para comprobar que el radioenlace funcionará de manera correcta.

Todo esto conlleva a que la solución planteada es la adecuada y está garantizado su funcionamiento.

### 5.3.4 Sostenibilidad:

La sostenibilidad de este proyecto está a cargo de la alcaldía el ministerio de educación ya que luego que se implemente este mismo solo quedará como gastos el pago del internet que la alcaldía proporcionará y el ministerio de educación con los mantenimientos preventivos correctivos de los equipos. De igual manera las escuelas puedan subsidiar algunos de los costos rentando los laboratorios a las cooperativas de café y otras instituciones para las capacitaciones del personal a que el municipio no cuenta con estas ya que las más cercanas se encuentran en Jinotega.

## Conclusiones

Con el desarrollo de esta investigación monográfica se logró diseñar, simular y analizar los parámetros legales involucrados y equipos técnicos requeridos, así como también el costo de la infraestructura de una red conectada de forma inalámbrica utilizando el protocolo 802.11g (Wi-Fi) que trabaja a una frecuencia de 2.4GHz, la conexión se hará a través de un radioenlace multipunto que consta de seis vanos, utilizando los dispositivos de la marca Ubiquiti, los NanostationM2 y NanostationLocoM2.

El radioenlace parte de las instalaciones de la alcaldía siendo necesaria una estación repetidora para poder conectar dos de los cinco centros de estudios del municipio Wiwilí Nueva Segovia, quienes serán los puntos de acceso que permitirán conexión a Internet para una futura red LAN de 10 o 15 usuarios respectivamente.

Este trabajo monográfico se elaboró con fines académicos y con el propósito de brindar todos los resultados a la alcaldía de Wiwilí para que sean considerados en la posible ejecución del proyecto.

### Recomendaciones

- ✓ Escalabilidad de la red, es decir se pueden ofrecer más servicios en un futuro ya que a través de la red se puede proporcionar el acceso a internet inalámbricamente y transmisiones de Voip. De esta manera se pueden crear PBX en lugares de administración públicas, como alcaldías, policías, centros de salud, etc. Para que puedan realizar llamadas sin ningún costo alguno.
- ✓ La alcaldía debe contar con al menos 10 Mbps de ancho de banda para la mínima navegación de los estudiantes.
- ✓ Al concluir el proyecto se debe considerar el mantenimiento de los equipos por personal técnico cada 6 meses.
- ✓ Asesoría de los autores de la investigación para el montaje del radioenlace.
- ✓ Incorporar un switch temporizado para optimizar la vida útil de los equipos y minimizar el consumo eléctrico cuando no está en hora hábiles.
- ✓ Agregar un pararrayo similar al que se muestra en anexo para proteger a los equipos que conforman el radioenlace.
- ✓ Durante la implementación del proyecto es necesario configurar el direccionamiento lógico de los equipos que conforman la red para que puedan comunicarse entre sí. Esto requiere personal técnico.
- ✓ Proporcionar energía eléctrica para las comarcas que no cuentan con ella para la ampliación de los laboratorios y dejar atrás los paneles solares.
- ✓ La alcaldía deberá solicitar al ente regulador la exoneración del pago anual del permiso por transmisión.



## Referencias y Bibliografía.

- [1] Telcor. Unidad Coordinadora de Proyectos ,  
[http://www.telcor.gob.ni/Desplegar.asp?PAG\\_ID=112#Antecedentes](http://www.telcor.gob.ni/Desplegar.asp?PAG_ID=112#Antecedentes). 2008
- [2] ITU Unión Internacional de Telecomunicaciones NEWS. Plan nacional de conectividad para las escuelas en Nicaragua,  
<https://itunews.itu.int/es/1866-Conectar-una-escuela-Conectar-una-comunidad.note.aspx> . 2011
- [3] Radioenlaces Digitales ,Jose Manuel Albornoz. 2007.
- [4] Transmisión por radio, Hernando Rábanos, 2003.
- [5] MANUAL DE USO DE RADIO MOBILE Patricia García Garnacho, Patricia García Garnacho, ,  
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/6989/anexos/Anexo%2016.pdf> 2006
- [6] Comunicaciones vsat's Blog, REDES VSAT  
<https://comunicacionesvsat.wordpress.com/2010/11/08/redes-vsat/> . 2010.
- [7] Ministerio de Educación Cultura y Deporte Wiwilí Nueva Segovia, Control estadístico ,2014.
- [8] Telcor, Ley No. 200 "Ley General de Telecomunicaciones y Servicios Postales",  
[http://www.telcor.gob.ni/MarcoLegal.asp?Accion=VerRecurso&REC\\_ID=178](http://www.telcor.gob.ni/MarcoLegal.asp?Accion=VerRecurso&REC_ID=178). 2005.
- [9] Ubiquiti Networks, Datasheet NanoStation M  
[www.ubnt.com](http://www.ubnt.com), 2016.
- [10] NASA, National Aeronautics and Space Surface Meteorology and Solar Energy  
<https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/retscreen.cgi?email=rets%40nrcan.gc.ca&step=1&lat=13.516419&lon=-85.891198&submit=Enviar>, 2016

[11] Universidad Nacional de Ingeniería, Trabajo monográfico para optar al título de Ingeniero Electrónico, Estudio de viabilidad técnica para la implementación de infraestructura de red que brinde conexión inalámbrica al servicio de internet en la comunidad “Mesas de Acicaya”, Manuel Isaac García Martínez y Carlos José Luis Martínez Hernández, , 2014.

[12] Universidad Católica Andrés Bello, Diseño eficiente de redes de transporte de datos para los sistemas y servicios de tráfico inteligente ofrecidos por el grupo, INTECH SOLUTIONS, Mónica Leonor Carvajal Carvajal

<http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAS7479.pdf>. 2012

[13] Universidad Nacional de Ingeniería , Estudio de Planeación de una Red Celular UMTS en el Municipio Teotecacinte, Departamento de Nueva Segovia, Trabajo de Monografía para optar al Título de Ingeniero en Electrónica Joel Alonso García Guido, , 2012.

[14] , Telcor. Las Telecomunicaciones ya no son un privilegio de la ciudad , Unidad de comunicación y relaciones públicas, 2009.

[15] Intel® Learning Series. Caso de estudio Nicaragua, 2012.

[16] Metodología de la investigación 5ta edición Roberto Hernández, Carlos Fernández., 2010.

[17] Seminario Monográfico, Sergio Zapata. 2013.

[18] Telecommunications Engineer and Specialist in E-Commerce, Maritza Ordoñez Rodriguez, 2009

[19] ANFER FERNANDO PÉREZ CASTELLÁ, 2011

[20] ITU, Unión Internacional de Telecomunicaciones sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales, t-rec-g.821, itu, 1997

[21] ITU, Unión Internacional de Telecomunicaciones , objetivos de característica de error y de disponibilidad para secciones digitales, r-rec-f.696-1,1991

[22] ITU, Unión Internacional de Telecomunicaciones , sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales, t-rec-g.826, 2002

[23] ITU, Unión Internacional de Telecomunicaciones , Índice de refracción radioeléctrica: su fórmula y datos sobre la refractividad, REC-453.

[24] ITU, Unión Internacional de Telecomunicaciones ,Modelo de la atenuación específica debida a la lluvia para los métodos de predicción, REC- 838

[25] Alcaldía Municipal Wiwilí Nueva Segovia.

[26] Universidad de Cantabria, Departamento de Ingeniería de Comunicaciones , TORRES PARA ANTENAS, Constantino Pérez Vega, 2001.

[27] <http://www.compartirwifi.com/blog/enlaces-wifi-de-larga-distancia-para-amplificar-la-senal-manual-configuracion-antenas-ubiquiti-nanostation-m2-ap/>

[28] <http://www.forowifi.com/forum/showthread.php?p=3822>

[29] <http://solucionessolares.blogspot.com/2010/05/tabla-de-valores-de-radiacion-solar-en.html>

## ANEXOS

## A) Equipos Extras.

### A.1) Temporizador Electrónico LCD Digital Programable Interruptor de Relé de tiempo

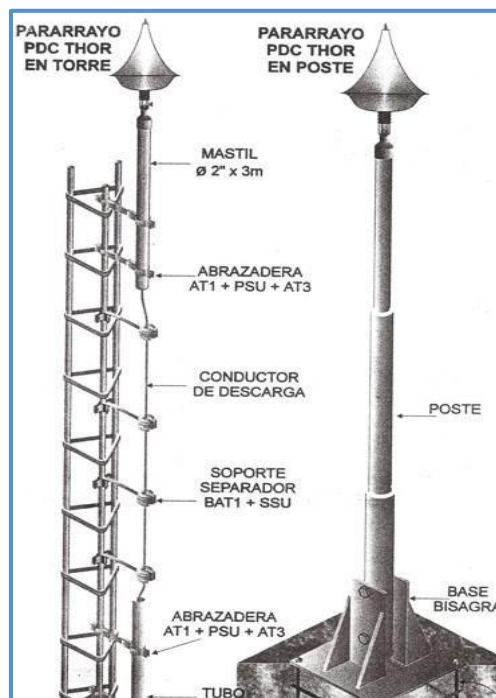
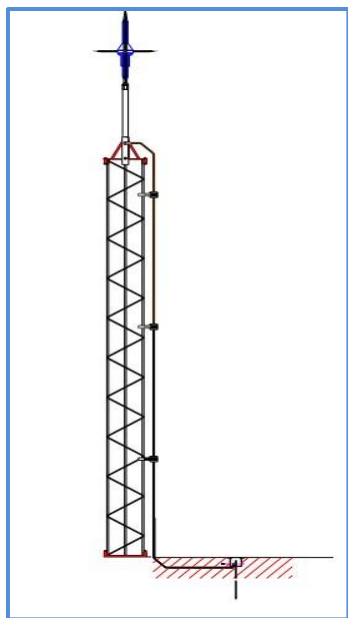


- Tiene configuración para alcanzar una precisión hasta los minutos, autonomía de batería 150h
- Voltaje nominal, AC 180 ~ 264V 50/60Hz, se usa del interruptor de la casa, es muy práctico
- La última tecnología COMS de cuarto, micro-controlador
- La electrónica digital de propósito general, con el tiempo switch programas diarios y semanales
- Repite los programas con configuraciones de 8 ON en 8 OFF, Capacidad de carga: 16A / 250V AC

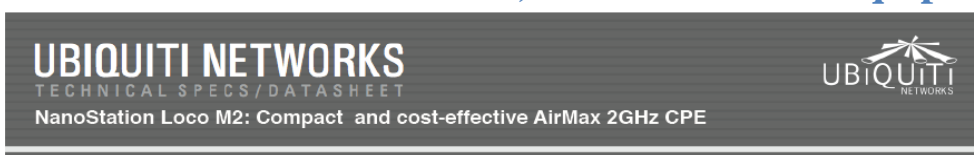
## A.2) Sistema de protección.

La torre en la cual se montarán los equipos, contará con una protección contra rayos para un consumo máximo de potencia de 260 watts, para esto se instalará un pararrayo atmosférico marca Pulsar 60 de acero inoxidable con una longitud de 3mts, sujetado por un mástil de acero inoxidable de 2.3mts seguido de un cable conductor de una longitud de 80 pies, que va desde el mástil hasta la puesta tierra que estará a 80cm de profundidad y se extiende en un área de 12mts<sup>2</sup> y al final esta sea la vía de descarga.

El pararrayo tiene un radio de protección de 45 mts esto garantiza la protección de los equipos que se montaran en la torre, como antenas, radio, PoE (Power Over Ethernet) y UPS.

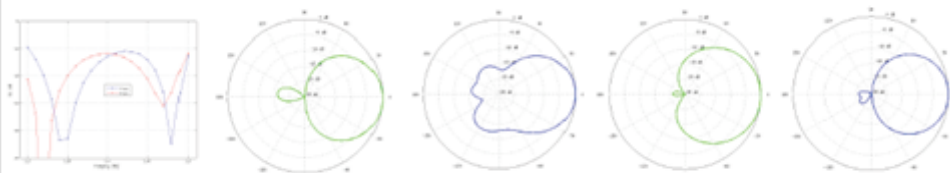


## B) Datasheet de los equipos de radio.



**airMAX**  
MIMO TDMA Protocol





SYSTEM INFORMATION							
Processor Specs		Atheros MIPS 24KC, 400MHz					
Memory Information		32MB SDRAM, 8MB Flash					
Networking Interface		1 X 10/100 BASE-TX (Cat. 5, RJ-45) Ethernet Interface					
REGULATORY / COMPLIANCE INFORMATION							
Wireless Approvals		FCC Part 15.247, IC RS210, CE					
RoHS Compliance		YES					
OPERATING FREQUENCY 2412-2462MHz							
2GHz TX POWER SPECIFICATIONS				2GHz RX SPECIFICATIONS			
	DataRate	Avg. TX	Tolerance				
11b/g	1-24Mbps	23 dBm	+/-2dB	11b/g	24Mbps	-83 dBm	+/-2dB
	36Mbps	21 dBm	+/-2dB		36Mbps	-80 dBm	+/-2dB
	48Mbps	19 dBm	+/-2dB		48Mbps	-77 dBm	+/-2dB
	54Mbps	18 dBm	+/-2dB		54Mbps	-75 dBm	+/-2dB
11n / AirMax	MCS0	23 dBm	+/-2dB	11n / AirMax	MCS0	-96 dBm	+/-2dB
	MCS1	23 dBm	+/-2dB		MCS1	-95 dBm	+/-2dB
	MCS2	23 dBm	+/-2dB		MCS2	-92 dBm	+/-2dB
	MCS3	23 dBm	+/-2dB		MCS3	-90 dBm	+/-2dB
	MCS4	22 dBm	+/-2dB		MCS4	-86 dBm	+/-2dB
	MCS5	20 dBm	+/-2dB		MCS5	-83 dBm	+/-2dB
	MCS6	18 dBm	+/-2dB		MCS6	-77 dBm	+/-2dB
	MCS7	17 dBm	+/-2dB		MCS7	-74 dBm	+/-2dB
	MCS8	23 dBm	+/-2dB		MCS8	-95 dBm	+/-2dB
	MCS9	23 dBm	+/-2dB		MCS9	-93 dBm	+/-2dB
	MCS10	23 dBm	+/-2dB		MCS10	-90 dBm	+/-2dB
	MCS11	23 dBm	+/-2dB		MCS11	-87 dBm	+/-2dB
	MCS12	22 dBm	+/-2dB		MCS12	-84 dBm	+/-2dB
	MCS13	20 dBm	+/-2dB		MCS13	-79 dBm	+/-2dB
	MCS14	18 dBm	+/-2dB		MCS14	-78 dBm	+/-2dB
	MCS15	17 dBm	+/-2dB		MCS15	-75 dBm	+/-2dB
PHYSICAL / ELECTRICAL / ENVIRONMENTAL							
Enclosure Size		163 x 31 x 80 mm					
Weight		0.18kg					
Enclosure Characteristics		Outdoor UV Stabilized Plastic					
Mounting Kit		Pole Mounting Kit included					
Max Power Consumption		5.5 Watts					
Power Supply		24V, 0.5A surge protection integrated POE adapter included					
Power Method		Passive Power over Ethernet (pairs 4,5+; 7,8 return)					
Operating Temperature		-30C to +80C					
Operating Humidity		5 to 95% Condensing					
Shock and Vibration		ETSI300-019-1.4					
INTEGRATED 2x2 MIMO ANTENNA							
Frequency Range		2.3-2.5 GHz	Max VSWR	1.4:1			
Gain		8 dBi	H-pol Beamwidth	60 deg.			
Polarization		Dual Linear	V-pol Beamwidth	60 deg.			
Cross-pol Isolation		20dB minimum	Elevation Beamwidth	60 deg.			
							
VSWR		H-Pol Azimuth		H-Pol Elevation			
		V-Pol Azimuth		V-Pol Elevation			





## NanoStation2 Datasheet

SYSTEM INFORMATION			
Processor Specs	Atheros AR2315 SOC, MIPS 4KC, 180MHz		
Memory Information	16MB SDRAM, 4MB Flash		
Networking Interface	1 X 10/100 BASE-TX (Cat. 5, RJ-45) Ethernet Interface		
REGULATORY / COMPLIANCE INFORMATION			
Wireless Approvals	FCC Part 15.247, IC RS210, CE		
RoHS Compliance	YES		
RADIO OPERATING FREQUENCY 2412-2462 MHz			
TX SPECIFICATIONS			
	DataRate	TX Power	Tolerance
802.11b	1Mbps	26 dBm	+/-1dB
	2Mbps	26 dBm	+/-1dB
	5.5Mbps	26 dBm	+/-1dB
	11Mbps	26 dBm	+/-1dB
802.11g OFDM	6Mbps	26 dBm	+/-1dB
	9Mbps	26 dBm	+/-1dB
	12Mbps	26 dBm	+/-1dB
	18Mbps	26 dBm	+/-1dB
	24Mbps	26 dBm	+/-1dB
	36Mbps	24 dBm	+/-1dB
	48Mbps	23 dBm	+/-1dB
	54Mbps	22 dBm	+/-1dB
RX SPECIFICATIONS			
	DataRate	Sensitivity	Tolerance
802.11b	1Mbps	-97 dBm	+/-1dB
	2Mbps	-96 dBm	+/-1dB
	5.5Mbps	-95 dBm	+/-1dB
	11Mbps	-92 dBm	+/-1dB
802.11g OFDM	6Mbps	-94 dBm	+/-1dB
	9Mbps	-93 dBm	+/-1dB
	12Mbps	-91 dBm	+/-1dB
	18Mbps	-90 dBm	+/-1dB
	24Mbps	-86 dBm	+/-1dB
	36Mbps	-83 dBm	+/-1dB
	48Mbps	-77 dBm	+/-1dB
	54Mbps	-74 dBm	+/-1dB

RANGE PERFORMANCE	
Outdoor (BaseStation Antenna Dependent):	Over 15km
INTEGRATED ADAPTIVE ANTENNA POLARITY + EXTERNAL ANTENNA SUPPORT (4 OPTIONS TOTAL)	
Gain	10dBi (2400-2483.5MHz)
Polarization	Multi-Polarized
Polarization Selection	Software Controlled
	
Azimuth	
External Connector	RP-SMA
3dB Beamwidth Elevation	30 degrees
3dB Beamwidth Azimuth	60 degrees
	
Elevation	
PHYSICAL / ELECTRICAL / ENVIRONMENTAL	
Enclosure Size	26.4 cm x 8 cm x 3cm
Weight	0.4kg
Enclosure Characteristics	Outdoor UV Stabilized Plastic
Mounting Kit	Pole Mounting Kit included
Max Power Consumption	4 Watts
Power Supply	12V, 1A (12 Watts). Supply and injector included
Power Method	Passive Power over Ethernet (pairs 4,5+; 7,8 return)
Operating Temperature	-20C to +70C
Operating Humidity	5 to 95% Condensing
Shock and Vibration	ETSI300-019-1.4



## C) Cotizaciones Realizadas.

### C.1) Equipos de radio y de la red LAN.

15/10/2016

[Oferta]



Pagar a nombre de:

**COMTECH**

Ced. Jurídica J0310000000603

Tel.: (505) 22648800

Avenida Principal Altamira D Este No. 589/599, Ferreteria SINSA, 25 vrs. arriba, Managua, Nicaragua

Empresa: UNI

Contacto: UNI

Teléfono: Fax:

Dirección:

MANAGUA

www.comtech.com.ni

Proforma #: 59302

Fecha: 15/10/2016

Vendedor: Fabiola Castellón

Celular: 77879189

E-Mail: fcastellon@comtech.com.ni

Tel.: 22648800 Ext.0

Código	Descripción	Cant.	Precio Un.	Total(U\$)	Entrega
07701-829	ACCESS POINT UBIQUITI- M2- 2GHZ- NSM2	1	U\$ 99.99	U\$ 99.99	Inmediato
03101-404	METRO DE CABLE UTP CAT 6 - MARCA NETSYS / COLO GRIS - 996606GY	100	U\$ 0.40	U\$ 40.00	Inmediato
02301-014	UPS TRIPP LITE 750VA - AVR750U - 12 TOMAS - 02 AÑOS GARANTIA - ESTABILIZADOR INTEGRADO	1	U\$ 77.99	U\$ 77.99	Inmediato
07701-765	CONECTOR RJ-45 - CATEGORIA 6- MODULAR PLUG MICRON - 012-018	100	U\$ 0.33	U\$ 33.00	Inmediato
05701-384	SWITCH LINKSYS SE3024 - 24 PORT - GB RJ-45 10/100/1000MBPS (2 MESES DE GARANTIA)	1	U\$ 160.99	U\$ 160.99	Inmediato
05701-562	ACCESS POINT UBIQUITI- M5- 5GHZ- NSM5	1	U\$ 99.99	U\$ 99.99	Inmediato
06001-100	PROYECTOR EPSON POWERLITE X27 XGA/3LCD/1024X768/ 2700 LUMENS/2 AÑOS GARANTIA/V11H692020/ NO BOLSO	1	U\$ 540.99	U\$ 540.99	Inmediato
02301-014	CASE TARGETA MADRE GIGABYTE 6TA GEN PROCESADOR 6TA I3 6100,3.7GHZ MEMORIA RAM DE 4GB DISCO DURO 500GB CARD READER INTERNO TECLADO MOUSE Y PARLANTES	10	U\$ 324.99	U\$ 3,249.90	Inmediato
04701-875	NOTEBOOK DELL INSPIRON 5555/A8/8GB/1TB/DVDRWW10/SILVER/15/I5555_8A81TSW10S_3	15- 10	U\$ 489.99	U\$ 4,899.90	Inmediato

Monto en letras: Diez Mil Quinientos Ochenta y Tres con 16/100

Condiciones Generales

Forma de pago: Contado

Vigencia de la oferta: 8 Días

Garantía: Detallada en cada producto

Tasa de Cambio: 29.39

COMTECH recomienda instalar licencia originales en sus Equipos  
Esta cotización es valida solamente con el sello de la empresa  
Nota: Somos Grandes Contribuyentes.  
Estamos Exentos del 1% de la Retención en la Fuente  
LOS PRECIOS Y EXITENCIAS PUEDEN VARIAR SIN PREVIO AVISO

Sub-Total 9,202.75  
IVA 1,380.41  
Total( U\$ ) 10,583.16

Firma Asesor de Venta

Aceptación del Cliente

Páguese a nombre de Comtech

Nombre: \_\_\_\_\_ Ced. \_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Sello:





No. 0077361

## COTIZACIÓN

Señor (a) : Ing. Jose Antonio Vivas  
 Empresa : UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 Dirección : Rotonda Ruben Dario 250 mts. al Oeste  
 Teléfono : 2278-1453-58 Fax : Ext. 112/teso  
 E-Mail : -

Código : 01063  
 Fecha : 15/10/2016

Vendedor 00003 | CONNY RIVAS

Atendiendo a su solicitud tenemos el agrado de presentarle la siguiente oferta :

RUC : J0310000021147

CANT.	MODELO	DESCRIPCIÓN	P/UNIT.	TOTAL
10	NSM2	NANO STATION M2 (2.4 GHz) MIMO	110.00	1,100.00
10	NS-LOCOM2	NANO STATION LOCO M2 8 DBI	61.00	610.00

TIEMPO DE ENTREGA: INMEDIATO  
 FORMA DE PAGO: CONTADO  
 GARANTIA: 12 MESES POR DESPERFECTO DE FABRICACION  
 VALIDEZ DE LA OFERTA: 15 DIAS

FAVOR ELABORAR CHEQUE A NOMBRE DE: CONDOR COMUNICACIONES, S.A.  
 NO SOMOS GRANDES CONTRIBUYENTES

Precios cotizados en Dólares.

Si paga en Córdobas deberá ser al tipo de cambio paralelo del BAC a la fecha de pago.



KENWOOD

ICOM



SUB-TOTAL	1,710.00
DESCUENTO	
IVA	256.50
TOTAL US\$	1,966.50

PBX : (505) 2277-3453

www.condor.com.ni - acientes@condor.com.ni

Colonial Los Robles, costado Sur Funeraria Monte de los Olivos, 5 1/2 c. al Este N° 54. Managua, Nicaragua



**MULTICOMERCIAL. S.A.**  
Avenida Principal de Altamira # 558  
(Edificio CECA de Tres Pisos)  
Managua, Nicaragua  
[www.ceca.com.ni](http://www.ceca.com.ni)



PBX: (505) - 22770537  
FAX: (505) - 22773989  
Apartado Postal C-106  
ventas@ceca.com.ni  
/ceca.com.ni  
/ceca\_online  
RUC #J0310000018731

**CLIENTE: UNI**  
ATENCION A: UNI  
COU: REC./ENVIO:  
DIRECCION: DETALLE: EL MISMO

**No.: COU-0066449**  
Fecha: 15/10/2016 12:00:00A  
Vendedor: JOSUE ALONSO

Cant.	Código	Descripción	SubTotal	Porc. Descto	Total
100.00	NIVEL-5	CABLE UTP CAT5E GEN SPEED P.RED 1000FT- 305M	C\$ 10.29	0.00%	C\$ 1,029.00
100.00	COM-790055	CONECTOR RJ45 INTL 8 HILOS	C\$ 4.41	0.00%	C\$ 441.00
1.00	M-U1150FOR08	UPS FORZA NT-501 500VA 250W 4T 120V	C\$ 1,410.72	0.00%	C\$ 1,410.72
5.00	PTN-1821	PROTECTOR DE VOLTAJE AVTEK P.REFRIG. 120V 15A 1800VA	C\$ 661.28	0.00%	C\$ 3,306.40
1.00	COM-522595	SWITCH INTL 10B100 16P METAL	C\$ 1,675.23	0.00%	C\$ 1,675.23
1.00	COM06001-100	PROYECTOR EPSON POWERLITE X27 2700L-SVGA-HDMI-USB	C\$ 17,487.05	0.00%	C\$ 17,487.05
1.00	A-AM120GEN78	ESCRITORIO P.PC BLACK PRATO C.TOP	C\$ 881.70	0.00%	C\$ 881.70
1.00	A-AM160GEN85	SILLA SECRETARIAL ERGONOMICA S/BRAZOS 2.15, NEGRA	C\$ 1,028.65	0.00%	C\$ 1,028.65

NOTAS ACLARATORIAS:

## EXENTOS 1% RET. ALMA

Observaciones: \* Precios en Córdobas (COR)  
\* Cotización válida por 15 días  
\* Productos sujetos a disponibilidad

Subtotal: C\$ 27,259.75  
Descuento: C\$ -  
SubTotal - Descuento: C\$ 27,259.75  
IVA: C\$ 4,088.97  
**Total General: C\$ 31,348.72**



**manhattan**  
Life just got easier.  
**EN PRODUCTOS TECNOLÓGICOS**

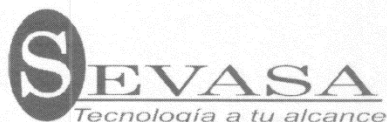
No ande de la ceca a la meca, venga a...  
**CECA**  
MULTICOMERCIAL, S.A.

[www.ceca.com.ni](http://www.ceca.com.ni) | [Facebook](#) | [Twitter](#) | [LinkedIn](#) | [YouTube](#)

Recibí Conforme

Firma Cotizador

**FAVOR ELABORAR CHEQUE A NOMBRE DE: MULTICOMERCIAL, S.A.**  
**¡ GRACIAS POR PREFERIRNOS !**



## Cotización

SUCURSAL LOS ROBLES  
Gasolinera uno plaza el sol 1c al sur 11/2c  
abajo  
PBX : 2252-4204 EXT 105  
SKYPE: sevasa.robles1  
RUC J031 0000 156360  
NO.051

<b>Nombre :</b> UNI <b>Atención :</b> JOSE ANTONIO VIVAS <b>Email:</b>  <b>Telefono:</b> 8460-3460	<b>Fecha :</b> 15-oct-16 <b>Vendedor:</b> TATIANA CARBALLO <b>Celular:</b> 8741-4420 <b>SKYPE:</b> sevasa.robles1 <b>ventas@sevasaonline.com</b>
--	--

cod	cant	Descripcion	P. Unit	P.Total
884	1	LAPTOP DELL 3452 N3700 4GB 500GB W10	\$ 359,00	\$ 359,00
		Dell Inspiron 3452 Procesador Intel Pentium N3700 1.6 GHz Frecuencia De Impulso 2.4 GHz Disco Duro 500GB Memoria Ram 4Gb DDR3 Red Inalámbrica Cámara Web Bluetooth Tres Puertos Usb Lector de Tarjetas Un Puerto HDMI Sistema Operativo Windows 10 Pantalla de 14 Pulgadas		
				
1188	1	PROTECTOR FVP-1201N NEGRO	\$9,95	\$9,95
			Sub Total	\$ 368,95
			IVA 15%	\$ 55,34
			Total\$	\$ 424,29
			Total C\$	C\$ 12.431,77


  

<b>FORMAS DE PAGO</b>	<b>RETENCIONES</b>	
CONTADO	ESTAMOS EXCENTOS DEL 2% IR	
CK EMPRESARIAL	ESTAMOS EXCENTOS DEL IMI	
TRANSFERENCIA	NO ACEPTAMOS CK PERSONALES	
	ELABORAR CK A NOMBRE DE SEVASA	
<b>T/C 29,30</b>		

<b>GARANTIA:</b> 1 AÑO LAPTOP. 1 MES PROTECTOR <b>PRECIOS SUJETOS A CAMBIO.</b> <b>Tiempo de Entrega:</b> INMEDIATA SEGÚN EXISTENCIA	<b>COTIZACION VALIDA: 10 DIAS</b>
--	-----------------------------------

**TATIANA CARBALLO**  
 Ejecutivo de Ventas



### Precios Sujetos a Cambios





SUCURSAL LOS ROBLES  
shell plaa el sol 1c al sur 1 1/2c abajo  
PBX : 2252-4204 EXT 105  
TEL : 8219-3635  
Skype: ventas.robles1



## Cotización

NO.050

Nombre : UNI

Atención JOSE ANTONIO VIVAS

RUC:

Telefono: 8460-3460

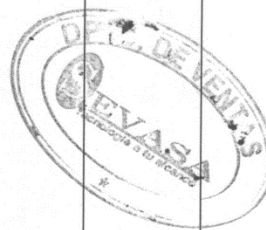
Fecha : 15-oct-16

Vendedor: Tatiana Carballo

Celular: 8741-4420

ventas@sevasaonline.com

Cant.		P. Unit	P.Total
1	<b>CPU CLON DC G4400 6TA GENERACION</b>	\$ 346,13	\$ 346,13
	CASE ATX 281 C/FUENTE		
	TARJETA MADRE H110M PRO-VD 1151		
	PROCESADOR DC G4400 LGA 1151		
	Procesador Intel Pentium		
	2 Núcleos		
	Socket 1151		
	Velocidad de Reloj 3.3 GHz		
	Cache 3MB		
	Conjunto de Instrucciones 64-bit		
	Tamaño Máximo de Memoria 64GB		
	Tipos de Memoria DDR4-1866/2133, DDR3L-1333/1600 @ 1.35V		
	Gráficos del Procesador Intel® HD Graphics 510		
	<b>MEMORIA DDR4 4GB 2133 AD4U2133W4G15-R</b>		
	<b>DISCO DURO 500GB TOSHIBA</b>		
	QUEMADOR DVD		
	LECTOR DE TARJETAS		
	TECLADO USB XTECH		
	RATON USB XTECH		
	PARLANTES Y ALMOHADIA		
1	<b>MONITOR LED 15.6 AOC</b>		
1	<b>MESA AM100GEN08 FORMA Z COLOR MADERA CLARO</b>		
1	<b>UPS FORZA 500 VA NT-501</b>		



### Forma de Pago

☒ Contado  
☐ NO ACEPTAMOS CK Personales  
T/C 29,30  
ESTAMOS EXCENTOS 2% IR  
EXENTOS IMI  
RUC J031 0000 156360

Sub Total	\$ 346,13
IVA 15%	\$ 51,92
Total \$	\$ 398,05
Total C\$	C\$ 11.662,85

TATIANA CARBALLO  
Ejecutivo de Ventas  
ventas@sevasaonline.com

GARANTIA: 1 AÑO CPU, 1 MES ACCESORIOS 1 AÑO UPS, 3 AÑOS MONITOR

Tiempo de Entrega: INMEDIATA SEGÚN EXISTENCIA

NOTA: PRECIOS SUJETOS A CAMBIO

COTIZACION VALIDA: 10 DIAS

Precios Sujetos a Cambios

## C.2) Energía Solar.

TECNOSOL							Oferta de ventas		
<b>SUCURSAL DE CASA MATRIZ</b> RUC No: J0310000012806 Dirección: Rotonda Bello Horizonte 420mts al este Managua Teléfonos:PBX. 505-22515152 Fax.: (505) 22499871 E-mail: info@tecnosolsa.com.ni Website: http://www.tecnosolsa.com.ni							<b>No. 7902</b>		
							Fecha:		
							22/Octubre/2016 13:18		
<b>Cliente: CN-00120</b> UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA UNI				<b>Dirección:</b> PISTA PRINCIPAL JUAN PABLO I I					
<b>Contacto:</b>				<b>Teléfono:</b>					
<b>Validez de la oferta:</b> 15 DIAS				<b>Plazo de entrega:</b>		<b>Fax:</b>			
<b>Condición de pago:</b> Credito 120 días				<b>Vendedor:</b> Kathy Ayala					
<b>E-mail:</b>									
<b>Id Producto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unid</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Descuento</b>	<b>Sub-Total</b>	<b>Impuesto</b>	<b>Total Final</b>	
01-01-0166	MODULO SOLAR RENESOLA 260W-30.5V	UNIDAD	1	312.00	0.00	312.00	0.00	312.00	
02-01-0101	BATERIA ABIERTA SUNPOWER GENERATION SPG-225AH 6V CICLO PROFUNDO	UNIDAD	2	120.00	0.00	240.00	0.00	240.00	
02-03-0087	INVERSOR SUNPOWER GENERATION SPG 800W 12V MSW	UNIDAD	1	60.00	0.00	60.00	9.00	69.00	
02-02-0052	REGULADOR EGE MPPT 20 12V/24V	UNIDAD	1	109.99	0.00	109.99	16.50	126.49	
06-08-0129	KIT DE ACCESORIOS ELECTRICOS (VARIOS COMPONENTES)	UNIDAD	1	20.00	0.00	20.00	3.00	23.00	
06-08-0529	KIT BASICO 2X14	UNIDAD	1	10.38	0.00	10.38	1.56	11.94	
06-08-0028	CABLE BC1 2/0 ROJO	UNIDAD	1	11.00	0.00	11.00	1.65	12.65	
06-08-0126	KIT P/ESTRUCTURA DE UN PANEL SOLAR	UNIDAD	1	7.30	0.00	7.30	1.09	8.39	
09-01-0001	SERVICIO DE MANO OBRA POR INSTALACION	UNIDAD	1	100.00	0.00	100.00	15.00	115.00	

TECNOSOL							Oferta de ventas		
SUCURSAL DE CASA MATRIZ RUC No: J0310000012806 Dirección: Rotonda Bello Horizonte 420mts al este Managua Teléfonos:PBX. 505-22515152 Fax.: (505) 22499871 E-mail: info@tecnosolsa.com.ni Website: http://www.tecnosolsa.com.ni							No.7902		
							Fecha:		
							22/Octubre/2016 13:18		
Cliente: CN-00120 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA UNI				Dirección: PISTA PRINCIPAL JUAN PABLO II					
Contacto:				Teléfono:					
Validez de la oferta: 15 DIAS				Plazo de entrega:		Fax:			
Condición de pago: Credito 120 dias				Vendedor: Kathy Ayala					
E-mail:									
Id Producto		Descripción	Unid	Cantidad	Precio Unitario	Descuento	Sub-Total	Impuesto	Total Final
01-01-0021		MODULO SOLAR TECNOSOL 150W-12V	UNIDAD	1	225.00	0.00	225.00	0.00	225.00
02-01-0021		BATERIA ABIERTA SYNTHESIS POWER 24TM 12V-85AH CICLO PROFUNDO	UNIDAD	2	116.47	0.00	232.94	0.00	232.94
02-03-0086		INVERSOR SUNPOWER GENERATION SPG 500W 12V MSW	UNIDAD	1	40.00	0.00	40.00	6.00	46.00
02-02-0052		REGULADOR EGE MPPT 20 12V/24V	UNIDAD	1	109.99	0.00	109.99	16.50	126.49
06-08-0529		KIT BASICO 2X14	UNIDAD	1	10.38	0.00	10.38	1.56	11.94
06-08-0028		CABLE BC1 2/0 ROJO	UNIDAD	1	11.00	0.00	11.00	1.65	12.65
06-08-0126		KIT P/ESTRUCTURA DE UN PANEL SOLAR	UNIDAD	1	7.30	0.00	7.30	1.09	8.39
09-01-0001		SERVICIO DE MANO OBRA POR INSTALACION	UNIDAD	1	80.00	0.00	80.00	12.00	92.00

## D) Constancia de la alcaldía de Wiwilí.



REPUBLICA DE NICARAGUA C.A  
ALCALDÍA MUNICIPAL DE WIIWILÍ NUEVA SEGOVIA  
PROGRESO, DESARROLLO SOSTENIBLE



### CONSTANCIA

La Alcaldía municipal de Wiwilí departamento de Nueva Segovia hace constar que existe la iniciativa de incluir en el plan de desarrollo municipal un proyecto que consiste en la construcción de laboratorios de computo en cinco escuelas de la localidad las cuales tengan mayor cantidad de estudiantes. Los laboratorios constarían con conexión a internet y con unas posibles 10 o 15 computadoras.

La idea surge en conjunto con el Ministerio de educación del municipio considerando que todos los escolares del sector que egresan de la educación primaria, carecen de habilidades acerca del uso de una computadora, sus dispositivos periféricos y del internet como fuente de información, siendo herramientas que si se están utilizando tanto en las oficinas de la alcaldía como en las del ministerio de educación.

El proyecto se realizaría con el objetivo de mejorar la calidad de aprendizaje del estudiante y para contribuir en el de desarrollo del municipio en general, ya que hoy en día las computadoras y el internet son herramientas muy importantes, útiles y básicas en la formación y desempeño de los profesionales.

Cabe recalcar que la alcaldía conoce que Bayardo Juárez y José Vivas, egresados de la prestigiosa Universidad Nacional de Ingeniería en la carrera de ingeniería electrónica, realizaran una investigación acerca del diseño óptimo de la red que brinde internet a los propuestos laboratorios y en cuanto al costo que llevaría la implementación de ese diseño. Ese estudio será tomado en cuenta para definir la propuesta del proyecto e incluirlo en el plan operativo multianual de la alcaldía del municipio.

Dado en el Municipio de Wiwilí Nueva Segovia a los 08 días del mes de Febrero del año 2016.

  
Carlos José Rivera Moreno  
Alcalde Municipal de Wiwilí N.S.





## E) Contrato actual de internet en la alcaldía.

Internet Corporativo  
Ultima M. Fibra Optica.

**Claro**

Claro que si

**CONTRATO DE SERVICIOS DE INTERNET**

Nº 47070

No. De solicitud: [Redacted] No. Ejecutivo de Ventas: N1001247 Fecha: 01/10/2016

**I. DATOS DEL SOLICITANTE**

Nombre Completo o Razón Social: Alcaldía Municipal de Wiwilí, Nueva Segovia  
 Nombre del Representante: Carlos José Rivera Moreno No. RUC: 1443000050987  
 Documento de Identificación: ☒ Cédula de Identidad ☐ Cédula de Residencia ☐ Pasaporte  
 No. de Documento: 12202770000F Teléfonos: Fijo: 27356060 Fax: \_\_\_\_\_  
 Celular: 89405666 E-mail: carlos.rivera@nueva-segovia.gub.ni Dirección del Cliente: Juzgado Local Y2 c. Centro  
 Municipio: Wiwilí N.S. Barrio: Carlos Fonseca Documentos: ☐ Escritura de Constitución ☒ Poder de Representación ☒ Cédula RUC ☒ Documento de Identidad

**II. PLAN DE ACCESO A INTERNET**

Tipo de suscripción: ☐ Residencial ☐ Empresarial ☒ Corporativa  
 Tipo de acceso: ☐ ADS/HFC ☐ 3G GSM ☐ Inalámbrico (Canopy) ☐ Otro: Internet Corporativo  
 Plan de Servicio: \_\_\_\_\_ Velocidad hasta: 2Mbps

☐ Cuenta Correo Electrónico ☐ Alojamiento Web ☐ Otro \_\_\_\_\_  
 Plan: \_\_\_\_\_ No. De Teléfono donde se instalará el Servicio: \_\_\_\_\_  
 Valor Mensual Total (US\$\*\*): 160.00 + IVA Valor de equipo (US\$) \_\_\_\_\_  
 Otros Cargos: \$200.00 + IVA ☐ Valor ☐ Mensual ☒ Una Vez

**Servicios activos**

SERVICIOS*	Nombre Del Host
<input type="checkbox"/> Correo: (IP) _____	(mail.xxxxxxxxxx.com.ni) _____
<input type="checkbox"/> Web: (IP) _____	(www.xxxxxxxxxx.com.ni) _____
<input type="checkbox"/> FTR: (IP) _____	(ftl.xxxxxxxxxx.com.ni) _____
<input type="checkbox"/> Otros: (IP) _____	(Abc.xxxxxxxxxx.com.ni) _____

**III. PERÍODO DE CONTRATO**

☐ 18 meses ☒ 24 meses ☐ 36 meses ☐ Otro: \_\_\_\_\_  
 Forma de Pago: ☒ De Contado ☐ Débito Automático  
 Por este medio autorizo a Enitel debitar de mi tarjeta No. \_\_\_\_\_ el monto de (US\$) \_\_\_\_\_

Nota: Las partes acuerdan que el presente contrato estará vigente por el periodo solicitado por EL CLIENTE y se entenderá por renovado automáticamente por igual periodo de tiempo si no es desaprobado por cualquiera de las partes.

www.claro.com.ni



## F) Imágenes de los cinco centros estudios y la Alcaldía.

### 1. Cruz laguna













## 2. San Jacinto







### 3. Instituto Delia Rosa Casco







#### 4. Zacateras





## 5. Nicarao





## Alcaldía

